

2018年4月

新潟国際情報大学 経営情報学部 紀要

【第1号】

目 次

【紀要論文】

女子学生における痩せ願望及び理想体型と実測体型との関連について
— 形態数値の明らかなモデル選択による理想体型の客観的評価の試み —

藤瀬 武彦・橋本 麻里・長崎 浩爾

●

The definition of sequential machine by PSC

ISHII Tadao

●

「学生による授業評価」結果の統計的分析による考察

西山 茂

●

Mathematical Model of Plant Leaf Area Growth

SHIRAI Kenji・AMANO Yoshinori

●

セグメント情報による新潟交通株式会社の分析

山下 功

【研究ノート】

IoTによる地盤沈下監視への適用

河原 和好

●

National Culture Competencies and Foreign Subsidiary Staffing:
A Typology of Boundary Spanners

ORSINI Philippe・UCHIDA Toru

●

「限定された倫理性」から考察されるコーポレート・ガバナンス
— 現代の大企業で実施されている会計監査の弱点 —

山本 靖・内田 亨

Journal of
Niigata University of International and Information Studies
Faculty of Business and Informatics
[No.1]

Contents

<<Articles>>

Desire to be thin and relationship between ideal body shape and actual body shape in Japanese women student. – Attempt to make an objective appraisal of ideal body shapes through choice of models with well-defined body measurements – 1
 FUJISE, Takehiko, HASHIMOTO, Mari and NAGASAKI, Koji

The definition of sequential machine by PSC 19
 ISHII, Tadao

A Statistical Study on a Result of “Classes Evaluation by Students” 33
 NISHIYAMA, Shigeru

Mathematical Model of Plant Leaf Area Growth 46
 SHIRAI, Kenji and AMANO, Yoshinori

An Analysis of Niigata Kotsu Co., Ltd.: Focusing Segment Information 57
 YAMASHITA, Isao

<<Study Notes>>

Application for Monitoring of Land Subsidence with IoT 69
 KAWAHARA, Kazuyoshi

*National Culture Competencies and Foreign Subsidiary Staffing:
 A Typology of Boundary Spanners* 77
 ORSINI, Philippe and UCHIDA, Toru

Corporate Governance from the Perspective of the Bounded Ethicality 84
 YAMAMOTO, Yasushi and UCHIDA, Toru

女子学生における痩せ願望及び理想体型と実測体型との関連について

— 形態数値の明らかなモデル選択による理想体型の客観的評価の試み —

Desire to be thin and relationship between ideal body shape and actual body shape in Japanese women student. – Attempt to make an objective appraisal of ideal body shapes through choice of models with well-defined body measurements –

藤瀬 武彦^{*1}, 橋本 麻里^{*2}, 長崎 浩爾^{*3}

Takehiko Fujise^{*1}, Mari Hashimoto^{*2}, Koji Nagasaki^{*3}

*1 新潟国際情報大学経営情報学部経営学科

〒950-2292 新潟市西区みずき野 3-1-1

Department of Business Administration, Faculty of Business and Informatics, Niigata University of International and Information Studies, 3-1-1 Mizukino, Nishi-ku, Niigata City 950-2292

*2 国際こども・福祉カレッジ

〒951-8063 新潟市中央区古町通 7-935

International College for Welfare, mind and Children, 7-935 Furumachi-dori, Chuo-ku, Niigata City 951-8063

*3 広島工業大学生命学部食品生命科学学科

〒731-5193 広島市佐伯区三宅 2 丁目 1-1

Department of Food Sciences and Biotechnology, Faculty of Life Sciences, Hiroshima Institute of Technology, 2-1-1 Miyake, Saeki-ku, Hiroshima City 731-5193

要 旨

本研究では女子学生の理想体型を明らかにするために、形態数値の明らかな 12 名の女子学生モデル (BMI が 15.5~25.8 kg/m²) の中から理想体型を選択させ、被験者の実測体型との関連についても検討した。被験者は女子学生 322 名 (年齢 19.8±1.9 歳、身長 159.5±5.6cm、体重 52.9±7.9 kg、BMI20.8±2.8 kg/m²) であった。アンケートにより理想とする形態数値 (数値理想体型) などを回答してもらうとともに、理想体型モデルを選択させてその形態数値を用いて分析した。現状よりも「痩せたい」と回答した女子学生は 85.7%(276 名) であり、主な痩せたい理由については「スタイルを良くしたい」(37.7%)、「太いから」(34.8%)、「着たい服があるから」(12.7%) などであった。数値理想体型は、身長 161.1±4.6cm、体重 48.2±4.6 kg、BMI18.6±1.4 kg/m²、バスト 85.4±5.5cm、ウエスト 60.0±4.3cm、ヒップ 83.4±5.8cm であり、これらは実測体型それぞれの数値と有意な相関関係が数多く認められた。一方、理想体型モデルの数値は、脚長 72.3±2.4cm (理想身長比 46.1%)、指極 159.1±3.7cm (101.6%)、体重 43.8±5.7 kg、BMI17.8±1.9 kg/m²、バスト 79.5±3.8cm (50.8%)、ウエスト 60.7±2.9cm (38.8%)、ヒップ 83.5±3.8cm (53.3%) などであり、これらの数値は実測体型それぞれの数値との間にほとんど有意な

相関関係は認められなかった。数値理想体型とともに理想体型モデルの数値を用いて理想とする体型の数値を求めると、身長 161.1 cm、体重 46.2 kg、BMI 17.8 kg/m²、バスト 85.4 cm、ウエスト 62.5 cm、ヒップ 85.9 cm であり、またこれらの他には脚長 74.3 cm、指極 163.7 cm、上腕囲 23.2 cm、前腕囲 21.7 cm、大腿囲 50.9 cm、下腿囲 32.2 cm、足首囲 21.7 cm などであった。以上の結果から、形態数値の明らかな理想体型モデルの選択によって日本人若年女性の理想体型のより客観的数値が求められ、この数値は女子学生自身の体型数値とはほぼ無関係であることなどが明らかとなった。

キーワード：女子学生、痩せ願望、理想体型、形態数値、ボディイメージ

Abstract

In this study, subjects were asked to select ideal body shapes from among twelve women student models (BMI of 15.5 – 25.8kg/m²) with well-defined body measurements, and the relationship with the subjects' actual body shape was examined, in order to clarify the ideal body shape of women students. The subjects were 322 women students (age 19.8±1.9yr, height 159.5±5.6cm, weight 52.9±7.9kg, BMI 20.8±2.8kg/m²). As well as being asked in a questionnaire to give what they considered to be ideal body measurements (ideal body shape measurements), they were also asked to select a model with an ideal body shape and analysis was carried out based on those body measurements. Eighty-six percent (n=276) of the subjects replied that they wanted to be thinner than they were at present giving the following main reasons: "I want to have a better figure," (37.7%), "Because I'm too fat," (34.8%), or "Because there's something I want to wear," (12.7%). Ideal body shape measurements were as follows: height 161.1±4.6cm, weight 48.2±4.6kg, BMI 18.6±1.4kg/m², bust 85.4±5.5cm, waist 60.0±4.3cm, hip 83.4±5.8cm. Many of those were seen to have a significant correlation with actual body shape measurements. On the other hand, measurements of ideal body shape models were: leg length 72.3±2.4cm (46.1% of ideal height), arm span 159.1±3.7cm (101.6%), weight 43.8±5.7kg, BMI 17.8±1.9kg/m², bust 79.5±3.8cm (50.8%), waist 60.7±2.9cm (38.8%), hip 83.5±3.8cm (53.3%), and virtually no significant correlation was recognized between these measurements and actual body shape measurements. When body shape measurements considered ideal were sought using ideal body shape model measurements along with ideal body shape measurements, the results were: height 161.1cm, weight 46.2kg, BMI 17.8kg/m², bust 85.4cm, waist 62.5cm, hip 85.9cm, leg length 74.3cm, arm span 163.7cm, upper arm girth 23.2cm, fore arm girth 21.7cm, thigh girth 50.9cm, calf girth 32.2cm, ankle girth 21.7cm. These results show that, through the choice of ideal body shape model with well-defined body measurements, more objective measurements for ideal body shape are sought by young Japanese women and these measurements have virtually nothing to do with the actual body measurements of the women students themselves.

Key words: women students, desire to be thin, ideal body shape, body measurements, body image

I. 緒言

日本人の青少年期の若年女性は、一般に同年代男性に比べて痩せ願望が顕著に強く、標準体型（あるいは痩せ体型）であるにもかかわらず「太っている」「体重が重い」などと思い、「痩せたい」「体重を減らしたい」などというような極端な痩せ志向やボディイメージの歪みが認められる。最も有病率が少ないとされる BMI (Body mass index: 体格指数) が 21~22 kg/m² 程度といわれている現状で^{16,34)}、近年報告された調査^{20,21,23,44,50,54)}では平均 BMI が 20.0~20.9 kg/m² である若年女性の 79.9~97.8% が「痩せたい」「体重を減らした」と回答し、その理想とする BMI が 18.0~19.0 kg/m² であったことが示されている。2013 年の「国民健康・栄養の現状」²⁷⁾によれば、20 歳代の痩せ (18.5kg/m² 未満) の割合が過去最高の 29.0% にまで達し、また 2011 年度学校保健統計調査速報では 5~17 歳の女子の平均体重が 1948 年度以降初めて全年齢で前年度より減少したことが報告された³⁹⁾。近年では小学校の女子児童までもがダイエットを経験し^{5,29)}、また女子中学生の約 2% が拒食症であるとの報告もあり³⁸⁾、女性に蔓延し続ける拒食症や過食症については「人類史上最悪の心の病」との指摘もある³⁷⁾。

女性の痩せに関する国際比較をしてみると、2003 年の報告¹²⁾では欧米白人女子学生 (BMI 23.1±3.3 kg/m²) の 32.1% が自己を太めと評価し、46.4% が痩せ体型が理想と回答したのに対して、より細身である日本人女子学生 (20.9±1.9 kg/m²) は 75.4% が自己を太めと評価し、91.2% が痩せ体型が理想と回答している。また 2006 年に報告された WHO (World health organization: 世界保健機関) の資料⁵⁰⁾では、1 人当たりの GDP (Gross domestic product: 国内総生産) がおよそ 2 万ドル以上の先進国の中では痩せすぎ女性 (18.5 kg/m² 未満) の比率は多くの国が 5% 以下であるのに対して、日本だけが 12.24% と突出していた。つまり、女性の痩せ人口の割合が顕著に高くかつ肥満者の割合が顕著に低い日本¹⁶⁾において、近年の若年女性の BMI が減少傾向にありながらその 8~9 割が痩せ願望をもっていることについては世界的にみても稀有なことである。また、最近報告された BMI と死亡リスクとの関連についても、アジア人 (日本、中国、韓国など) は痩せによる死亡リスクの上昇が欧米白人よりも顕著であることが示されている⁵¹⁾。従って、日本人若年女性にみられる極端な痩せ願望やボディイメージの歪みは、彼女らの健康体力の保持増進や母性保健においても極めて重大な問題である。

近年、若年女性の痩せ志向については貧血や無月経あるいは拒食症など^{1,33,38)}の女性当人の健康の問題だけではなく、次世代への悪影響を危惧する報告もみられる^{4,15,45)}。つまり、痩せ願望の強い女性の妊娠中に低栄養状態で発育した胎児は遺伝子発現制御系の異常を起こし、出生後に生活習慣病を発症するリスクが高くなるというものである (成人病胎児期発症説)。例えば、胎生期に腎糸球体がアポトーシスを起こして数が減少し (やがて高血圧が発症する)、また低栄養に適合した代謝機能が出生後の肥満を引き起こす要因になることなどが指摘されている^{3,14)}。実際に低出生体重児 (2500g 未満) として生まれた若年女性はそれ以上で生まれた者よりも体脂肪率が有意に高い「隠れ肥満 (正常体重肥満)」であったことが報告されている⁴⁵⁾。このようなことから、今日までに多くの研究者により適正な体重や体型あるいは食事・栄養などに関する健康教育の重要性が主張され続けられており^{7,19,20,23,50,54)}、また厚生労働省の「健康日本 21 (第二次)」²⁸⁾では 2022 年度までに 20 歳代女性の痩せの割合を 20% (2016 年度は 22.3%) にするという数値目標を掲げているが、日本人若年女性の極端な痩せ志向に改善される兆しが見られるようになってきているようには思えない。

このような問題の原因については、過去にも社会的因子や個人的環境因子など様々な指摘が数多くなされているが^{1,33,37)}、その一因としては特に日本では女性の体型 (体形) やその数値 (特に体重) に触れることが一般的にタブー視されているために、健康体力との関連も含めた正しい形態数値に関する情報の不足していることが考えられる。つまり、自己や他者の形態数値が標準よりも多いか少ないか、また公表されている数値 (体重やスリーサイズなど) が正しいか否かも含めた一部の女優やタレント等の体型がいかに特殊であるか、などということについて正しく評価できるほどの情報を持ち得ていないのが現状

であろう。過去の若年女性の痩せ願望や理想体型などに関する報告では、一般に被験者自身の形態数値（多くは身長と体重のみ）が自己申告されており、主として理想とする体重を調査している研究が多いように思われる。しかし、そのような場合は、被験者の体重が実際よりも過小に申告される可能性があり^{40,53)}、また理想とする BMI（理想体重）が理想のボディイメージとは必ずしも一致しないという指摘⁵⁷⁾がなされており、理想体型の研究としては不十分さが否めない。また、日本人若年女性を対象としたボディイメージの研究（自己体型評価や理想体型の選択など）では、Bell et al.³⁾、Fallon and Rozin⁶⁾、あるいは Thompson and Gray⁴⁹⁾などが考案したイラスト画^{21,36,42,57)}や本人等の写真をコンピュータ処理により作成した画像³⁵⁾を用いて調査した報告もあるが、これらの手法では明確に形態数値が分からないために自己体型と比較し難いことや、理想体型が画一化されて本人の体型に関わらず特定の痩せ体型に集中することなども指摘されている^{36,42,57)}。さらには、近年では身長を入力して理想の数値が算出されるサイトがネット上に公開されているが算出方法や理想の根拠などを明らかにできなかった。

以上のような問題を解決するための一方法としては、過去に形態数値が明らかな女性モデルを選択させることによって理想体型を調査しているが^{11,12)}、モデルの選択肢が 5 種類と少ないうえに BMI が 17.4 ~ 25.4 kg/m² と範囲がやや狭く、またその四肢やプロポーションの詳細についても不明であることから十分な調査になっていない。そこで本研究では、日本人若年女性の痩せ願望や理想体型を明らかにするために、形態数値がより詳細に分かっている女性 12 名をモデルにして、女子学生に理想とする体型のモデルを選択させることによって理想体型とその特徴を明らかにするとともに、彼女らの実際の体型との関連についても検討することを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者は、N 県内の大学 3 校及び専門学校 2 校、T 県内の短期大学 1 校、H 県内の大学 1 校、東京都内の大学 1 校に在籍する 18~29 歳までの女子学生合計 322 名（19.8±1.9 歳）であった。

アンケート調査や身体計測の同意については、まず学校の代表者や学部・学科主任等に質問項目及び測定項目に関して事前審査を受けて許可が得られた後に被験者に対して調査の目的、個人情報の保護（無記名自己記入式にて記入後封筒に同封して収集箱に投函）、回答や測定の任意性について説明し、被調査の参加同意を得た（有効回答率 80.3%）。なお、調査期間は 2007 年 4 月から 2012 年 3 月までであった。

2. 被験者の形態測定

調査の際には各被験者に形態測定を依頼し、原則として身長、体重、体脂肪率（栄研式キャリパーを用いた上腕背部と肩甲骨下部の皮下脂肪厚により、またはオムロン社製体脂肪計 HBF-352-W により求めた。）、及び体周囲（バスト（乳頭位胸囲）、ウエスト（最小囲）、ヒップ（最大囲））を従来の方法¹³⁾により測定した（以下、実測体型とする）。この測定については女性保健体育教員が事前に測定方法の講習を受けた女子学生が実施したが（測定実施者は 58.1%）、現場で測定が不可能な場合には可能な限り自宅で測定してもらうように依頼して数値を自己申告してもらった（必要に応じて体脂肪計や巻尺を貸与した）。

なお、本研究においては被験者の形態数値として身長と体重がないものについては分析から除外した。表 1 には被験者の身体特性を示した。BMI が 18.5 kg/m² 未満の被験者は 47 名（14.6%）、25.0 kg/m² 以上は 16 名（5.0%）、また体脂肪率（測定者 188 名）が 30.0% 以上は 25 名（13.3%）存在した。

Table 1. Physical characteristics of subjects.

		Age	Height	Weight	BMI	Fat	LBM	Bust	Bust	Bust-	Waist	Waist	Hip	Hip	Hip-
		(yr)	(cm)	(kg)	(kg/m ²)	(%)	(kg)	girth	/Height	waist	girth	/Height	girth	/Height	waist
								(cm)	(%)	ratio	(cm)	(%)	(cm)	(%)	ratio
Women	mean	19.8	159.5	52.9	20.8	24.3	39.4	84.0	52.9	1.275	66.1	41.5	89.1	56.0	1.351
students	SD	±1.9	±5.6	±7.9	±2.8	±5.6	±4.2	±7.1	±4.7	±0.092	±7.5	±4.8	±5.9	±3.7	±0.095
	n	322	322	322	322	188	188	144	144	143	169	169	145	145	145

BMI, body mass index; LBM, lean body mass.

3. モデルの形態測定

モデルには 18 歳から 22 歳までの BMI の異なる女子学生 12 名（範囲 15.5～25.8kg/m² : 21.0±3.3kg/m²）を用い、表 2 に示すように事前に彼女らの形態測定を従来の方法¹³⁾により行った。四肢の測定については、上腕囲が肩峰と肘の中間、前腕囲が最大部位、大腿囲が臀部直下位、下腿囲が最大部位、足首囲が下腿内外踝上部を巻尺にて測定した。

4. アンケート内容

1) 言葉による体型の自己評価と痩せ願望の有無

体型の自己評価については、言葉による評価¹⁴⁾による 5 つの選択肢（1. かなり痩せ、2. やや痩せ、3. 標準、4. やや太め、5. かなり太め）から 1 つを回答してもらった。

痩せ願望については、まず現状の体型に対してそれを変えたいか否かについて 3 つの選択肢（1. 痩せたい、2. 今のままで良い、3. 太りたい）の中から回答してもらい、「痩せたい」と回答した被験者に対しては、その主な理由を選択肢（1. スタイルを良くしたい、2. 太い・太ったから、3. 着たい服があるから、4. 格好良く見られたいから、5. 健康のため、6. 憧れの有名人がいる、7. 身体の一部に不満がある、8. その他）の中から 1 つを回答してもらった。さらに言葉による理想体型を自己評価の 5 つの選択肢の中から 1 つを回答してもらった。

2) 数値理想体型

数値理想体型、つまり理想とする形態数値については、事前に測定した数値の記載とともに、身長、体重、及び体周囲（バスト、ウエスト、ヒップ）の数値を回答してもらった。そして、その身長と体重から BMI を、体周囲それぞれと身長から比率（% : バスト/身長、ウエスト/身長、ヒップ/身長）を、さらにバストとウエストからバスト・ウエスト比（バスト/ウエスト）を、ヒップとウエストからヒップ・ウエスト比（ヒップ/ウエスト）を算出した。

3) 自己体型及び理想体型モデルの選択とその形態数値

被験者には写真 1 に示したモデルの中から自己体型に近いモデル及び理想体型のモデルをそれぞれ 1 つ選択してもらい、表 2 に示したモデルの形態数値を用いて分析した。アンケート時にはできるだけ先入観を排除して体型のみで理想を被験者に選択してもらうために、12 名のモデルの顔を全て同じものに加工した写真を使用し、しかも BMI の順序ではなく順不同に並べて選択してもらった。

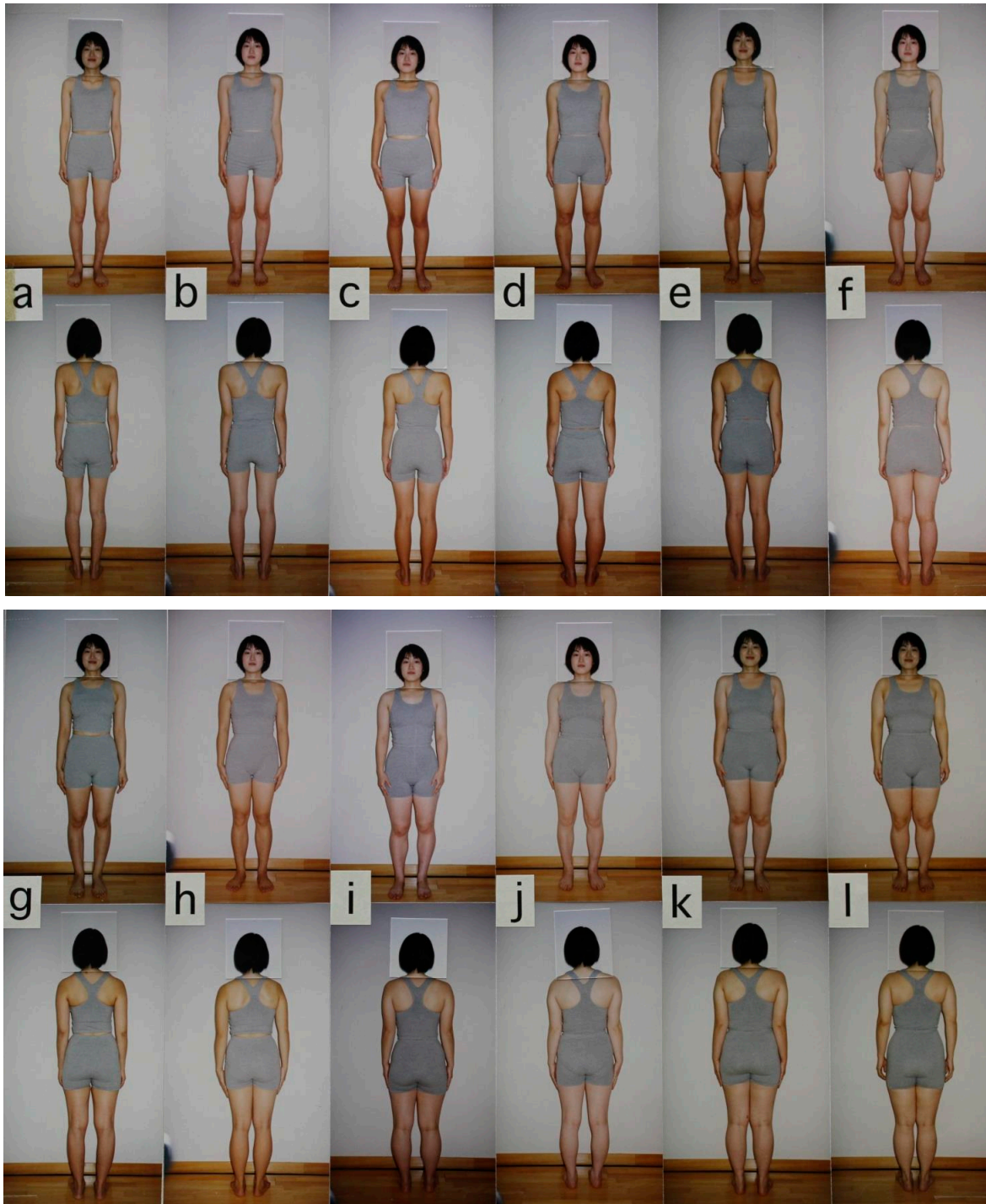


Photo 1. Twelve women student models used in a questionnaire.

Table 2. Physical characteristics of 12 women student models.

Model	BMI (kg/m ²)	Height (cm)	Leg length (cm)	Leg /Height (%)	Arm span (cm)	Arm span /Height (%)	Weight (kg)	Fat (%)	LBM (kg)	Bust girth (cm)	Bust /Height (%)	Bust- waist ratio	Waist girth (cm)	Waist /Height (%)	Hip girth (cm)	Hip /Height (%)	Hip- waist ratio	Upper arm girth (cm)	Upper arm /Height (%)	Fore arm girth (cm)	Fore arm /Height (%)	Thigh girth (cm)	Thigh /Height (%)	Calf girth (cm)	Calf /Height (%)	Ankle girth (cm)	Ankle /Height (%)
a	15.5	158.0	74.4	47.1	159.8	101.1	38.7	17.6	31.9	74.2	47.0	1.247	59.5	37.7	79.4	50.3	1.334	20.6	13.0	20.2	12.8	47.6	30.1	28.4	18.0	21.2	13.4
b	17.1	153.5	70.4	45.9	154.0	100.3	40.3	18.3	32.9	77.3	50.4	1.282	60.3	39.3	80.1	52.2	1.328	21.9	14.3	21.0	13.7	48.2	31.4	30.5	19.9	20.7	13.5
c	17.8	154.3	70.0	45.4	160.0	103.7	42.4	25.0	31.8	79.5	51.5	1.366	58.2	37.7	83.2	53.9	1.430	21.9	14.2	20.8	13.5	47.5	30.8	31.4	20.3	21.1	13.7
d	19.0	156.3	70.5	45.1	155.0	99.2	46.3	22.8	35.7	82.5	52.8	1.341	61.5	39.3	83.5	53.4	1.358	24.0	15.4	22.1	14.1	53.2	34.0	35.6	22.8	22.1	14.1
e	19.5	160.5	75.5	47.0	161.0	100.3	50.3	23.9	38.3	84.7	52.8	1.334	63.5	39.6	86.2	53.7	1.357	24.6	15.3	22.0	13.7	51.4	32.0	32.6	20.3	20.6	12.8
f	20.5	162.6	74.7	45.9	167.2	102.8	54.3	23.3	41.6	82.3	50.6	1.225	67.2	41.3	91.0	56.0	1.354	25.9	15.9	22.3	13.7	54.3	33.4	34.0	20.9	20.5	12.6
g	21.4	165.0	76.0	46.1	170.0	103.0	58.3	27.8	42.1	86.0	52.1	1.303	66.0	40.0	94.4	57.2	1.430	26.7	16.2	23.2	14.1	59.5	36.1	37.2	22.5	22.4	13.6
h	22.6	162.3	75.4	46.5	167.4	103.2	59.4	23.3	45.6	87.6	54.0	1.230	71.2	43.9	93.2	57.4	1.309	28.1	17.3	24.3	15.0	56.6	34.9	37.0	22.8	21.8	13.4
i	23.5	153.9	69.7	45.3	154.4	100.3	55.7	28.4	39.9	82.5	53.6	1.248	66.1	42.9	93.2	60.6	1.410	26.5	17.2	24.0	15.6	60.5	39.3	38.2	24.8	22.3	14.5
j	23.9	157.3	72.1	45.8	160.0	101.7	59.1	30.7	41.0	88.9	56.5	1.261	70.5	44.8	97.3	61.9	1.380	28.8	18.3	24.6	15.6	59.3	37.7	36.7	23.3	21.3	13.5
k	25.1	161.1	75.0	46.6	163.8	101.7	65.1	38.9	39.8	91.5	56.8	1.233	74.2	46.1	99.4	61.7	1.340	28.4	17.6	24.6	15.3	61.1	37.9	39.4	24.5	22.5	14.0
l	25.8	158.7	71.1	44.8	157.5	99.2	65.0	35.4	42.0	99.4	62.6	1.390	71.5	45.1	99.4	62.6	1.390	28.9	18.2	25.1	15.8	64.2	40.5	41.1	25.9	23.1	14.6
mean	21.0	158.6	72.9	46.0	160.8	101.4	52.9	26.3	38.5	84.7	53.4	1.288	65.8	41.5	90.0	56.7	1.368	25.5	16.1	22.9	14.4	55.3	34.8	35.2	22.2	21.6	13.6
S D	3.3	3.7	2.5	0.7	5.3	1.6	9.2	6.4	4.5	6.7	3.9	0.057	5.3	3.0	7.3	4.2	0.040	2.9	1.7	1.7	1.0	5.8	3.5	3.8	2.3	0.9	0.6

BMI, body mass index; LBM, lean body mass.

4. 統計処理

数値は平均±標準偏差で示した。実測体型と数値理想体型、または自己体型モデルと理想体型モデルの2群間の形態数値の比較には paired-t test を用い、また実測体型と数値理想体型あるいは理想体型モデルにおける2群間の各項目の関連には Pearson の相関分析を用いた。さらには、実測体型、自己体型モデル、及び理想体型モデルの数値の3群間比較には、対応のある一元配置分散分析及び多重比較検定 (Bonferroni 法) を用いた。いずれも有意水準は5%未満とした。なお、統計ソフトはエクセル統計 2008 for Windows を用いた。

III. 結果

1. 言葉による体型の自己評価及び理想体型

表3には女子学生における言葉による体型の自己評価及び各群の身体特性を示した。自己評価は「やや太め」が42.6% (回答者のBMIは $21.0 \pm 1.8 \text{kg/m}^2$) で最も多く、次いで「標準」が35.4% ($19.7 \pm 1.3 \text{kg/m}^2$) であった。なお、BMIが 25.0kg/m^2 以上の肥満者は全体で5.3% (17名) しかいなかったにもかかわらず、55.9% (180名: $21.9 \pm 3.0 \text{kg/m}^2$) が自己の体型を「太め (やや太めとかなり太め)」と評価した。

表4には言葉による理想体型及び各群の身体特性を示した。理想体型は「やや痩せ」が65.2% ($20.4 \pm 1.9 \text{kg/m}^2$) で最も多く、次いで「標準」が26.4% ($21.8 \pm 4.3 \text{kg/m}^2$) であった。「やや痩せ」と「かなり痩せ (5.3%)」を合わせると、女子学生の70.5% (228名: $20.37 \pm 1.91 \text{kg/m}^2$) が「痩せ」を理想体型として選択した。

	Verbal self-appraisal	n	%	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m^2)	Minimal BMI (kg/m^2)	Maximal BMI (kg/m^2)
1	Quite slim	3	0.9	160.7 ± 3.2	43.9 ± 2.8	17.0 ± 1.5	15.3	18.3
2	Slightly slim	25	7.8	159.1 ± 5.8	45.9 ± 4.5	18.1 ± 1.3	15.4	21.6
3	Average	114	35.4	160.6 ± 5.8	50.8 ± 5.6	19.7 ± 1.3	17.3	23.1
4	Slightly fat	137	42.6	158.8 ± 5.2	53 ± 6.0	21.0 ± 1.8	16.4	25.8
5	Quite fat	43	13.4	158.9 ± 5.1	62.5 ± 11.2	24.8 ± 4.3	18.4	36.7
	Total	322	100.0	159.5 ± 5.6	52.9 ± 7.9	20.8 ± 2.8	15.3	36.7

Physical values are means \pm SD. BMI, body mass index.

Table 4. Verbal ideal body shape and physical characteristics of each group in women students.

	Verbal ideal body shape	n	%	Height (cm)	Actual weight	Actual BMI	Minimal BMI (kg/m ²)	Maximal BMI (kg/m ²)
					Ideal weight (kg)	Ideal BMI (kg/m ²)		
1	Quite slim	17	5.3	157.7±5.1	49.9±5.0	20.1±1.5	17.1	23.2
		15			43.7±3.8	17.6±1.1		
2	Slightly slim	211	65.2	159.8±5.6	52.2±6.1	20.4±1.9	15.3	27.6
		194			47.4±4.4	18.5±1.1		
3	Average	85	26.4	159.1±5.7	55.3±11.5	21.8±4.3	16.2	36.7
		72			50.2±5.5	19.7±1.7		
4	Slightly fat	9	2.8	158.6±3.4	53.2±3.5	21.2±1.4	19.1	23.2
		8			49.5±2.6	19.7±1.6		
5	Quite fat	0	0.0					
Total		322	100.0	159.5±5.6	52.9±7.9	20.8±2.8	15.3	36.7
		289			48.0±4.9	18.8±1.4		

Physical values are means±SD. BMI, body mass index.

2. 痩せ願望の有無

表 5 には女子学生の痩せ願望の有無と各群の身体特性を示した。現在の体型を変えたいか否かについては「痩せたい」が 85.7% (21.2±2.8kg/m²) で最も多く、「今のままで良い」が 11.2% (18.7±1.4kg/m²)、「太りたい」が 3.1% (17.3±1.8kg/m²) であった。また図表には示していないが「痩せたい」の主な理由は「スタイルを良くしたい」が 37.7% (276 名中 104 名) で最も多く、次に 34.8% が「太い・太ったから」、12.7% が「着たい服がある」の順に多く、この 3 つで痩せたい理由の多くを占めていた (85.2%)。なお、「スタイルが良い」とは何かとの問いには 69.2% (104 名中 72 名) が「スリムであること」と回答し、次に「脚が長く見えること」が 57.7% と多かった。

Table 5. Presence or absence of desire to be thin and physical characteristics of each group in women students (n=322).

	Want to lose weight		Maintain the present weight		Want to put on weight	
	n	%	n	%	n	%
	276	85.7	36	11.2	10	3.1
Height (cm)	159.6±5.6		Height (cm)	158.8±5.7	Height (cm)	159.1±5.1
Weight (kg)	53.9±7.9		Weight (kg)	47.3±4.6	Weight (kg)	43.9±4.7
BMI (kg/m ²)	21.2±2.8		BMI (kg/m ²)	18.7±1.4	BMI (kg/m ²)	17.3±1.8

Physical values are means±SD. BMI, body mass index.

3. 数値理想体型及び実測体型との相関関係

表 6 には数値理想体型を示すとともに実測体型と比較した (各項目で実測値と理想値のある被験者のみで比較した)。理想身長は実測値よりも 1.7 cm 高く (p<0.001)、理想体重は 4.6kg 低かった (p<0.001)。体周囲については、理想バストは実測値と有意差がなかったものの高値を示す傾向にあり (p=0.0578)、ウエストとヒップは実測値よりも有意に低値を示した (p<0.001)。また、実際の身長に対する理想体重は 48.0±4.9kg (n=289) であり、両者を用いて BMI を算出すると 18.8 kg/m² であった。なお、今回の調査では女子学生のおよそ半数が体周囲の理想数値を回答しなかった (バストが 52.5% (322 名中 169

名)、ウエストが 42.5% (137 名)、ヒップが 56.5% (182 名))。

表 7 には実測体型と数値理想体型における各項目間の相関関係を示した。実測体重と理想体重間 ($r=0.561$, $p<0.001$: $n=310$) や、実測身長と理想身長間 ($r=0.554$, $p<0.001$: $n=310$) などのように、多くの項目間で有意な相関関係が認められた。

Table 6. Comparison of measurements between ideal body shape and actual body shape in women students.

		Height	Weight	BMI	Bust	Bust	Bust-	Waist	Waist	Hip	Hip	Hip-
		(cm)	(kg)	(kg/m ²)	girth	/Height	waist	girth	/Height	girth	/Height	waist
		(cm)	(kg)	(kg/m ²)	(cm)	(%)	ratio	(cm)	(%)	(cm)	(%)	ratio
Ideal body shape	mean	161.1	48.2	18.6	85.4	53.0	1.428	60.0	37.2	83.4	52.4	1.391
	SD	±4.6	±4.6	±1.4	±5.5	±3.4	±0.118	±4.3	±2.6	±5.8	±3.5	±0.096
	n	310	310	310	118	118	116	142	142	117	117	117
Actual body shape	mean	159.4	52.8	20.8	84.2	53.0	1.276	66.2	41.6	89.2	56.1	1.350
	SD	±5.6	±8.0	±2.8	±7.3	±4.8	±0.090	±7.7	±4.8	±6.0	±3.6	±0.097
	n	310	310	310	118	118	116	142	142	117	117	117
Significance		***	***	***	ns	ns	***	***	***	***	***	***

BMI, body mass index; ns, not significant; ***, $p<0.001$.

Table 7. Correlations between measurements of actual body shape and ideal body shape.

		Measurements of ideal body shape											
		Height	Weight	BMI	Bust	Bust	Bust-	Waist	Waist	Hip	Hip	Hip-	
		(n=310)	(n=310)	(n=310)	girth	/Height	waist	girth	/Height	girth	/Height	waist	
					(n=153)	(n=153)	ratio	(n=185)	(n=184)	(n=140)	(n=140)	ratio	
							(n=149)					(n=140)	
Measurements of actual body shape	Height	r	0.554	0.416	0.096	0.192	-0.049	0.023	0.135	-0.082	0.317	0.122	0.172
	(n=322)	n	310	310	310	153	153	149	185	184	140	140	140
		p	***	***	ns	*	ns	ns	ns	ns	***	ns	*
	Weight	r	0.335	0.561	0.450	0.280	0.135	-0.209	0.464	0.349	0.294	0.178	-0.193
	(n=322)	n	310	310	310	153	153	149	185	184	140	140	140
		p	***	***	***	***	ns	*	***	***	***	*	*
	BMI	r	0.081	0.407	0.454	0.200	0.165	-0.246	0.434	0.423	0.160	0.133	-0.293
	(n=322)	n	310	310	310	153	153	149	185	184	140	140	140
		p	ns	***	***	*	*	**	***	***	ns	ns	***
	Bust	r	0.158	0.367	0.325	0.460	0.384	-0.048	0.453	0.413	0.338	0.282	-0.113
	girth	n	143	143	143	118	118	117	124	123	112	112	112
	(n=144)	p	ns	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	ns
Bust	r	-0.012	0.212	0.266	0.354	0.364	-0.060	0.386	0.412	0.195	0.211	-0.177	
/Height	n	143	143	143	118	118	117	124	123	112	112	112	
(n=144)	p	ns	**	***	***	***	ns	***	***	**	**	ns	
Bust-	r	-0.189	-0.333	-0.251	0.009	0.112	0.425	-0.457	-0.384	-0.078	0.003	0.465	
waist ratio	n	142	142	142	117	117	116	123	123	112	112	112	
(n=143)	p	*	***	**	ns	ns	***	***	***	ns	ns	***	
Waist	r	0.195	0.435	0.374	0.325	0.213	-0.273	0.571	0.503	0.288	0.202	-0.349	
girth	n	168	168	168	122	122	121	142	142	119	119	119	
(n=169)	p	*	***	***	***	*	**	***	***	**	*	***	
Waist	r	0.058	0.328	0.347	0.265	0.214	-0.292	0.540	0.526	0.196	0.162	-0.405	
/Height	n	168	168	168	122	122	121	142	142	119	119	119	
(n=169)	p	ns	***	***	**	**	***	***	***	*	ns	***	
Hip	r	0.190	0.407	0.342	0.369	0.266	-0.154	0.478	0.417	0.379	0.301	-0.126	
girth	n	145	145	145	115	115	114	126	125	117	117	117	
(n=145)	p	*	***	***	***	**	ns	***	***	***	***	ns	
Hip	r	-0.020	0.239	0.298	0.263	0.269	-0.184	0.430	0.456	0.218	0.234	-0.225	
/Height	n	145	145	145	115	115	114	125	125	117	117	117	
(n=145)	p	ns	**	***	**	**	*	***	***	*	*	*	
Hip-	r	-0.161	-0.370	-0.311	-0.164	-0.080	0.309	-0.492	-0.441	-0.088	-0.024	0.449	
waist ratio	n	145	145	145	115	115	114	126	125	117	117	117	
(n=145)	p	ns	***	***	*	ns	***	***	***	ns	ns	***	

ns: not significant, *: $p<0.05$, **: $p<0.01$, ***: $p<0.001$.

4. 実測体型と自己体型及び理想体型モデルの形態数値の比較

図1には女子学生が自己体型及び理想体型として選択したモデルのBMIの相対度数を示した。自己体型として最も多く選択されたモデルは20.5 kg/m²のモデルであり(15.5% : 322名中50名)、次いで19.5 kg/m²のモデルが14.3% (46名)、23.5 kg/m²のモデルが12.1% (39名)であった。一方、理想体型として最も多く選択されたモデルのBMIは17.8 kg/m²であり(28.0% : 322名中90名)、次いで15.5 kg/m²のモデルが22.1% (71名)、17.1 kg/m²のモデルが21.7% (70名)であった。これら上位3名は12名のモデルの中で「痩せ(18.5 kg/m²未満)」と判定されるモデルであり、女子学生全体の71.7% (322名中231名)が理想体型として選択した。

表8には実測体型、自己体型モデル、及び理想体型モデルの数値を示した。実測体型は、自己体型モデルと比較して「ヒップ/身長」と「ヒップ・ウエスト比」以外は有意差が認められなかったが(体脂肪率には有意差が認められたが外見上判断できないので議論から除外する)、理想体型モデルとの間には「ヒップ・ウエスト比」以外はすべての項目において有意差が認められた。一方、自己体型モデルと理想体型モデルとの比較においては、「指極/身長」以外はすべての項目で有意差が認められた。

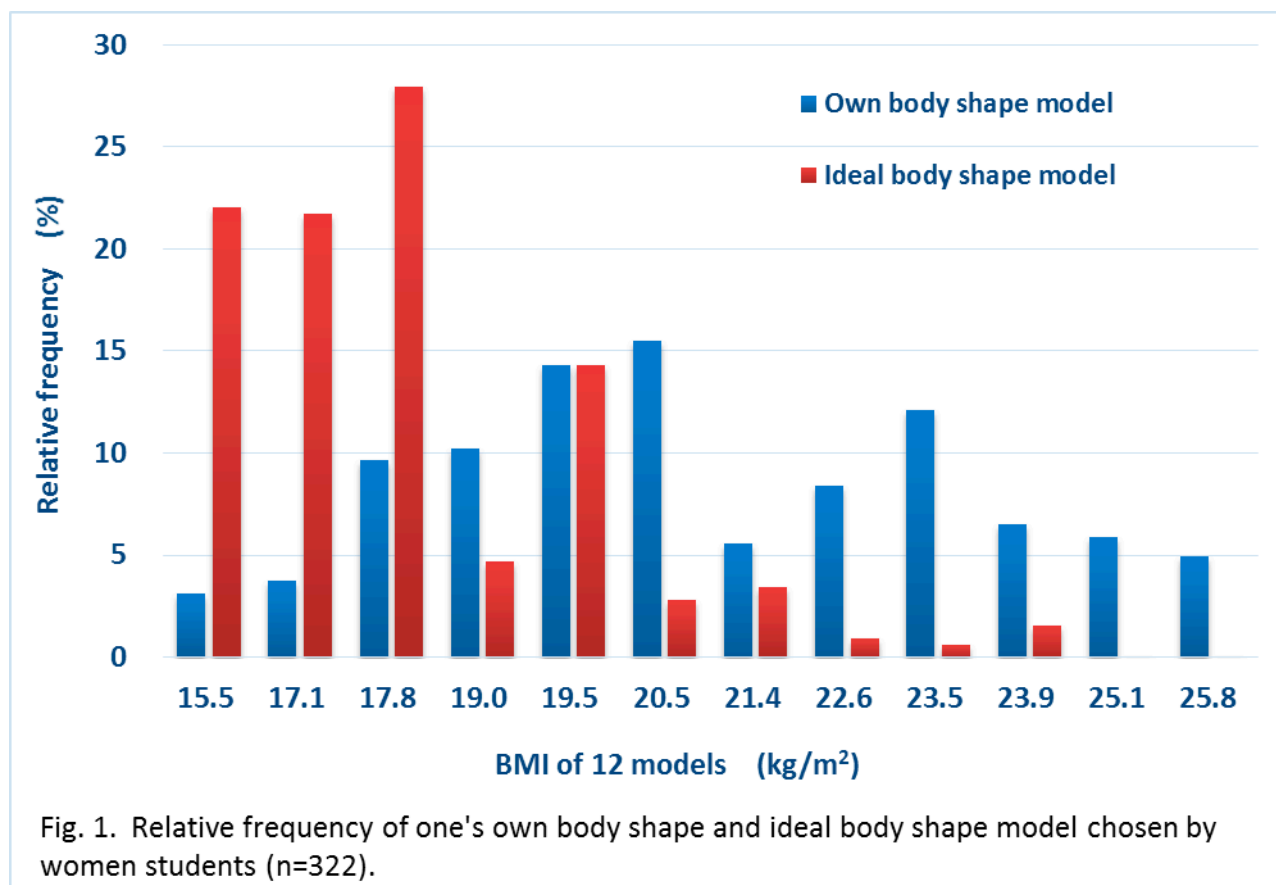


表9には実測体型と理想体型モデルの数値との各項目間における相関関係を示した。女子学生の実測体重及びBMIと、理想体型モデルのBMI、「バスト/身長」、及び「上腕囲/身長」などとの間に有意な正の相関が認められたものの多くの項目間で有意な相関関係が認められなかった。

IV. 考 察

1. 被験者抽出の妥当性

本研究では調査に協力するか否か、身体計測を実施するか否かについては全て任意であったことから、被験者の回答や様々な数値などに若干の偏りが存在する可能性は否めない（有効回答率は 80.3%であったが調査を断った者は含まれていない）。女子学生における肥満者及び隠れ肥満者の頻度が示されている報告¹⁰⁾ではそれぞれ 20.5%及び 13.6%であったのに対して、本研究ではそれぞれ 13.3%（体脂肪率測定者 188 名中 25 名）及び 5.9%（188 名中 11 名）であり、両肥満者の割合が顕著に少なかった。また、BMI による痩せ（18.5kg/m²未満）の頻度は「国民健康・栄養の現状—平成 21 年度の調査報告より—」²⁶⁾によれば 20 歳代では 22.3%であったのに対して、本研究では 14.6%（322 名中 47 名）と少なかった。このように大学の必修授業や健康診断などで得られた測定値と比較すると、本研究では調査を依頼した時点で女子学生に協力してもらえなかったり、アンケートの回答や身体計測の任意性を明確にしたことによって特に痩せや肥満の女子学生からより多く協力が得られなかった可能性が考えられる。

一方、従来から若年女性は自己体型を実際よりも太めと評価し、痩せ体型を好む傾向にあるが、過去の報告^{7,18,19,30,54)}では平均 BMI が 20.3~21.4kg/m²の被験者のうち「痩せ（18.5kg/m²未満）」の割合が 10.4~29.5%の女子学生群において、自己体型を「太め」と評価した者が 48.7~80.0%で、体型願望としては「痩せたい（体重を減らしたい）」が 77.6~92.0%存在したことが示されている。本研究の女子学生は痩せ体型が 14.6%で自己を「太め」と評価した者が 55.9%存在し、また言葉による理想体型が「痩せ」である者及び今よりも「痩せたい」者がそれぞれ 70.5%及び 85.7%であり、これらの傾向は過去の報告と概ね一致している。また、本研究の女子学生の体格が大学の必修授業で測定した女子学生 944 名の値（身長 159.0±5.1cm、体重 52.8±7.0kg、BMI20.9±2.5 kg/m²）¹³⁾や「日本人の体力標準値」⁴⁷⁾に示された数値とほぼ同等であったことなどから、今回の被験者には若干の偏りが存在することは否定できないものの日本人女子学生の平均的数値として用いても差し支えないものと判断した。なお、本研究で用いたモデルの身体特性（身長 158.6±3.7 cm、体重 52.9±9.2 kg、BMI21.0±3.3kg/m²など）については、上述の女子学生の身体特性と比較すると上腕囲や大腿囲はやや大きめであったが体格はほぼ同等であったことから、およそ標準的な体型のモデルであったことが伺える。

2. 痩せ願望の有無

本研究では自己の体型を「やや太め」と回答した女子学生の平均 BMI は標準的な 21.0±1.8kg/m²であり、また現状よりも「痩せたい」と回答した女子学生が 85.7%も存在し、その BMI もまた標準的な 21.2±2.8kg/m²であった。このように体型が標準でありながら自己を太めと評価し、また全体の 9 割近くが痩せ願望をもっている日本人若年女性の傾向は、従来から数多く報告されている結果とほぼ一致するものである^{7,19,20,22,24,43,50,52,58)}。前述したように日本人若年女性は欧米人と比較しても明らかに痩せ志向が強く、表 3 や表 4 に示したように体型の自己評価で「標準」と回答した女子学生の平均 BMI が 19.7kg/m²であったこと、言葉による理想体型が「標準」及び「やや太め」と回答した女子学生の理想 BMI が同じく 19.7kg/m²であったことから痩せ志向が伺え、現在の若年女性においては標準とする体型が健康な身体であるための体型よりも BMI で 2 kg/m²近くも少なく（体重では約-5kg）認識されていることが考えられる。

若年女性が痩せたいと思う動機については社会的要因の影響について数多く指摘されてきた。例えば、「（痩せが魅力的であるという）痩せに対する価値観」や「(テレビや雑誌による)メディアの影響」が大きく³³⁾、また他者からの「体型に関する指摘」も有意に関連すること³¹⁾、さらには他者から肯定的な評価を引き出そうとする賞賛獲得欲求が青年期女性に存在することも指摘されている²⁾。本研究では「痩せたい」と回答した女子学生の多くは母親などの他者からの助言によるのではなく自分自身で判断してお

り(83.7% : 276名中231名)、「スタイルを良くしたい」との理由が最も多く、その具体例としては「スリム(細身)な体型」が69.2%(104名中72名)と最も多かった。女子高校生²³⁾や女子学生⁴¹⁾の痩せたい理由については「きれいになれる」と「好きな服が着られる」という外見上の理由が顕著に多いことが報告されている。女子学生のダイエット(主に食事制限であると思われる)を行った理由としても「太っていると思った」が最も多く、次いで「細い方がきれい」などが挙げられている³⁰⁾。水島の著書³³⁾によれば一般社会において女性は男性よりも「外見によって評価される」ことや「選ばれる性」であることなどが記述されている。しかし、実際には痩せている利点として「異性にもてる」などと男性の目を意識して痩せたいと回答した若年女性は比較的少数である^{23,41)}。つまり、女子学生の理想体型は、男性の好む体型とは一致せず(より痩せ志向)、現代においては男性の目よりもファッション意識を優先させる傾向が強い⁵³⁾ものと思われる。このことは、男性向け週刊誌のグラビア女性は肉感的モデルがほとんどで痩せた女性が見当たらないとの指摘⁴⁸⁾を支持するものである。女性が回答する理想体型と「男性視線魅力体型」とが異なる(女性は男性に好まれる体型をある程度認識している)ことも報告されているから⁴⁶⁾、むしろ女性自身が同性間の痩せ競争に巻き込まれていることが現実として大きいのかも知れない。

また、浅野の著書³¹⁾によれば、一部のフィットネスクラブや痩身美容業界などの広告や営業利益拡大のために痩せた身体の状態を「美しい」とか「健康的」と見なすようにどんどんエスカレートしていく傾向をもっていることが指摘されている。おそらく、日本人若年女性はマスコミ等による流行に非常に影響されやすいと思われることから、前述したように今後の学校における食事や体型認識も含めた保健体育教育の工夫と充実が期待される場所である。しかしながら、現在は大学のフィットネス教育^{8,9)}における自己体型を客観的に知るための身体計測が不適切であるとの判断もあり(体重計測でさえも困難)、実際にはその実施が不可能に近いことや、授業内外でウエイトトレーニングの指導を試みようとしても「筋肉が付く」や「腕や脚が太くなる」などとの理由でそれを拒否する女子学生も比較的多いことなどから、この種の健康教育には課題が山積しているのも現状であろう。

3. 数値理想体型

本研究では数値理想体型は実際よりも身長が1.7cm高く、体重が4.6kg低く、両者の数値から算出したBMIは実測値よりも2.2kg/m²低いものであり(18.6kg/m²)、また図表には示していないが実際の身長(159.5cm)を基準にすると体重を4.8kg減らすことが理想であり、両者の数値から算出したBMIは18.8kg/m²であった。これらの数値は、過去に報告されている若年女性の理想の数値とほぼ同等なものであった^{7,21,22,44,54)}。

一方、体周囲の理想数値についてはバストが実測値よりも1.2cm大きく(85.4cm:理想身長比53.0%)、ウエストが6.2cm小さく(60.0cm : 37.2%)、ヒップが5.8cm(83.4cm : 52.4%)小さいものであった。女性の下着メーカーが示した20歳代女性の「ビューティフルプロポーション」²⁵⁾は、体重が50.0kg(身長162cm-112 : BMIは19.1kg/m²)、バストが83.4cm(身長比51.5%)、ウエストが59.9cm(37.0%)、ヒップが87.8cm(54.2%)であり、本研究でのヒップの理想数値がやや小さいものの本研究の女子学生の数値理想体型は概ねこれらに近いものであった。今回の被験者の中には「男性のヒップのように小さくしたい」と言っていた女子学生もいたが、山田の著書⁵⁶⁾によれば近年女性美の基準が「巨尻」から「小尻」に移りつつあり、客観的なデータは示されていないが後者には都会的・知的なイメージがある、とのことから近年の流行の体型になってきているのかもしれない。これらの数値理想体型は、表7で示したように多くの項目で実測体型との相関が高い傾向にあることから、女子学生は実測数値を基準に理想の数値を決めているものと思われる。今回の調査では体周囲の計測を行わずに理想の数値を回答した女子学生は少数であったことから(バストが全体の10.9%、ウエストが13.4%、ヒップが7.1%)、体周囲の理想数値を約半数が回答しなかった理由としては、調査時に自己の具体的数値を知らなかった(測定した

ことがない) ので回答できなかつた被験者が多かつたのではないかと考えられる。

4. 実測体型と自己体型モデル及び理想体型モデルの形態数値の比較

本研究では、形態数値の明らかな 12 名 (BMI が 15.5 kg/m^2 から 25.8 kg/m^2 まで) の女子学生をモデルにして、自己や理想に最も近い体型のモデルを選択してもらうことによってより客観的な理想体型の追究を試みた。本研究では図 1 のヒストグラムに示したように、自己体型の選択の場合は度数配置にやや二峰性の分布が得られ、また理想体型の選択の場合は BMI が 12 名中 3 番目に小さい 17.8 g/m^2 のモデルが理想として最も人気 (相対度数 28.0%) があつたものの 4 番目の 19.0 g/m^2 のモデルは不人気 (相対度数 4.7%) であつたことから、モデル自身の体型の特徴が若干影響したことは否めない。しかしながら、本研究と同様にモデルの写真を用いた過去の報告¹²⁾では最小 BMI が 17.4 g/m^2 であつたのに対して、本研究ではそれより小さい BMI (15.5 kg/m^2 と 17.1 kg/m^2) のモデルが理想体型であるとする被験者が全体の 43.7% (322 名中 141 名) も存在したことが明らかになったことは意義あるものと思われる。今後は鈴木⁴⁶⁾の報告に示されているように、選択肢に個性のない客観的基準を有するシルエット図を用いたボディイメージの研究も望まれるところであろう。

実測体型と自己体型モデルの数値を比較すると (表 8)、「ヒップ/身長」と「ヒップ・ウエスト比」に 5%水準で有意差が認められたものの、他の項目には有意差が認められなかつた (体脂肪率にも有意差はあつたが、写真では外見上判断できないので議論から除外する)。過去には若年女性の自己体型は過大評価されるというボディイメージの歪みが数多く指摘されてきたが^{17,23,52)}、例えば BMI が 18.5 kg/m^2 未満の女子学生の 33.3% が自己を「太っている」と判断している¹⁷⁾。しかし、モデルの写真を用いて自己体型評価を行った本研究結果からはそのような違いがあまり見られず、ほぼ適切に自己評価されていると判断できる。本研究と同様にデジタルカメラによる画像で自分の体型を選択してもらうと健康女性ではほぼ正確であつたこと³²⁾や、客観的基準を有するシルエット図を使用すれば若年女性自身の体型の歪みの程度は大きいものではない⁴⁶⁾とする報告は、本研究結果を支持するものである。一方、実測体型と理想体型モデルを比較すると、全ての項目で有意差が認められ、理想体型モデルは実測体型 (20.8 kg/m^2) よりも顕著に細身 (17.8 kg/m^2) の体型であり、数値ではなく外見 (シルエット図) で選択した若年女性の理想体型は 17.7 kg/m^2 程度であつたとする報告⁴⁶⁾とほぼ一致していた。つまり、このような理想体型モデルと本研究で示した数値理想体型の BMI (18.6 kg/m^2) や実身長と理想体重による BMI (18.8 kg/m^2) とを比較すると、理想とする外見の細さ (理想体型モデル) がさらにスリムであることから、仮にダイエットによって理想体重まで減らしたとしても自身の体型には必ずしも満足せずに、さらに減量が継続されることにつながるのかもしれない。

本研究における理想体型モデルと実測体型の数値との相関関係は、表 9 に示したようにほとんどの項目間で有意ではなかつたことから、女子学生自身の体格・体形にほとんど関係なく理想とする好みの体型が存在することが考えられる。理想体型を 8 種類のシルエットチャートを用いて調べた報告¹⁴⁾では、痩せ群、標準群、隠れ肥満群の各々の半数以上が同じチャート (#3: 最も細い方から 3 番目) を理想として選択し、また同様の研究³⁶⁾においても標準群 (20.9 kg/m^2) と肥満群 (27.3 kg/m^2) で BMI が大きく異なつても理想体型には大きな違いが見られなかつたことが示されている。このことから、外見による理想体型は数値による理想体型とは異なることが本研究結果から示唆されたものと思われる。

5. 理想とする体型の数値

女子学生の理想体型の数値については、前述したように痩せたい理由が「きれいになれる」や「好きな服が着られる」などという外見上の理由が顕著に多いことから、基本的には理想体型モデルの数値で示して、必要に応じて数値理想体型を用いることが適切であると思われる。結果に示した通り、数値理想体型

や理想体型モデルの数値は実測体型よりも小さい数値（より細身）が多かったが、バストは数値理想体型（85.4±5.5 cm）が実測体型（84.0±7.1 cm）よりも大きい値を理想としていること、また身長と体重はアンケート調査で利用したモデルの写真からは理想を判断することが難しいことから、理想体型の数値としては数値理想体型の身長 161.1 cm、体重 46.2 kg（数値理想体型の身長と理想体型モデルの BMI17.8 kg/m² より算出）及びバスト 85.4 cmの数値を理想として用いた方が適切であろう。従って、女子学生が理想とする体型の数値は、身長 161.1 cm、体重 46.2 kg、BMI17.8 kg/m²、バスト 85.4 cm（理想身長 161.1 cm の 53.0%）、ウエスト 62.5 cm（同様に 38.8%）、ヒップ 85.9 cm（53.3%）であり、またこれらの他に脚長（理想身長と理想体型モデルの身長比 46.1%から算出）が 74.3 cm、指極（同様に 101.6%から算出）が 163.7 cm、上腕囲（14.4%）が 23.2 cm、前腕囲（13.5%）が 21.7 cm、大腿囲（31.6%）が 50.9 cm、下腿囲（20.0%）が 32.2 cm、足首囲（13.45%）が 21.7cm、などを求めることができた。岸本の報告²⁵⁾では 20 歳代女性の理想体型は、身長 162 cm（7.1 頭身）、体重が「身長-112（50kg）」、BMI19.1 kg/m²、バストが「身長×0.515（83.4 cm）」、ウエストが「身長×0.370（59.9 cm）」、ヒップが「身長×0.542（87.8 cm）」、股下高さ（脚長）が「身長×0.455（73.7 cm）」であることが示されている。本研究で求めた理想体型数値は、これらの数値とは大きな違いが認められないことから、日本人若年女性の理想体型の妥当な数値として用いても良いのかもしれない。ただし、そのような理想体型（体形）の若年女性がどの程度存在するのか（本研究では BMI が 17.8 kg/m² 程度でバストが 85.4 cm に近い女子学生は数名存在したが極めて稀であった）、あるいは健康的にそのような体型に変えることができるのか、などといった問題については今後の研究課題である。

V. 結 語

本研究では、若年女性の痩せ願望や理想体型を明らかにするために、形態数値が明らかな女性 12 名をモデルにして、女子学生に理想体型のモデルを選択させることによって理想体型の数値とその特徴を明らかにするとともに、彼女らの実測体型との関連についても検討することを目的とした。被験者は、N 県内外の大学や専門学校に在籍する 18～29 歳までの女子学生合計 322 名（19.8±1.9 歳）であった。痩せ願望や理想体型などに関するアンケート調査の他に形態測定を依頼して身長、体重、体脂肪率、及び体周囲を測定した。

- 1) 言葉による体型の自己評価は「やや太め」が 42.6%で最も多く、次いで「標準」が 35.4%であった。また、言葉による理想体型は「やや痩せ」が 65.2%で最も多く、次いで「標準」が 26.4%であった。女子学生の 70.5%が「痩せ」（「やや痩せ」と「かなり痩せ」）を理想体型として選択した。
- 2) 痩せ願望の有無については、全体の 85.7%が「痩せたい」と回答し、「今のままで良い」が 11.2%、「太りたい」が 3.1%であった。「痩せたい」の主な理由は「スタイルを良くしたい」が 37.7%（276 名中 104 名）で最も多く、次に「太い・太ったから」が 34.8%、「着たい服がある」が 12.7%であり、この 3 つで痩せたい理由の多く（85.2%）を占めていた。
- 3) 数値理想体型については、理想身長は実測値よりも 1.7 cm 高く（ $p<0.001$ ）、理想体重は 4.6kg 低かった（ $p<0.001$ ）。体周囲については、理想バストは実測値と有意差がなかったものの高値を示す傾向にあり（ $p=0.0578$ ）、ウエストとヒップは実測値よりも有意に低値を示した（ $p<0.001$ ）。また、実測体重と理想体重間（ $r=0.561$, $p<0.001$ ）や、実測身長と理想身長間（ $r=0.554$, $p<0.001$ ）などのように、多くの項目間で有意な相関関係が認められた。
- 4) 自己体型として最も多く選択されたモデルは 20.5 kg/m² のモデルであり（15.5%）、次いで 19.5 kg/m² のモデルが 14.3%、23.5 kg/m² のモデルが 12.1%であった（自己体型モデルの平均 BMI21.0±2.6 kg/m²）。一方、理想体型として最も多く選択されたモデルの BMI は 17.8 kg/m² であり（28.0%）、次いで 15.5 kg/m² のモデルが 22.1%、17.1 kg/m² のモデルが 21.7%であった（理想体型モデルの平均

BMI $17.8 \pm 1.9 \text{ kg/m}^2$)。これら上位3名は12名のモデルの中で「痩せ(18.5 kg/m²未満)」と判定されるモデルであり、女子学生全体の71.7%が理想体型として選択した。

5) 実測体型は、自己体型モデルと比較して「ヒップ/身長」と「ヒップ・ウエスト比」以外は有意差が認められなかったが、理想体型モデルとの間には「ヒップ・ウエスト比」以外はすべての項目において有意差が認められた。実測体型と理想体型モデルの数値との相関関係は、多くの項目間で有意な相関関係が認められなかった。

6) 女子学生の理想とする体型の数値を数値理想体型の一部と理想体型モデルの数値から求めると、身長161.1 cm、体重46.2 kg、BMI 17.8 kg/m^2 、バスト85.4 cm、ウエスト62.5 cm、ヒップ85.9 cmであり、また脚長74.3 cm、指極163.7 cm、上腕囲23.2 cm、前腕囲21.7 cm、大腿囲50.9 cm、下腿囲32.2 cm、及び足首囲21.7 cmであった。

以上の結果から、形態数値の明らかな理想体型モデルの選択によって日本人若年女性の理想体型のより客観的数値が求められ、また、この数値は女子学生自身の体型数値とはほぼ無関係であることなどが明らかとなった。

謝 辞

本稿を終えるにあたり、本研究においてモデルや被験者として協力していただいた女子学生の皆さんに深く感謝します。なお、本論文の一部は、日本体育学会第68回大会(2017年、静岡大学)において発表した。

文 献

- 1) 浅野千恵: 女はなぜやせようとするのかー摂食障害とジェンダー。勁草書房, 東京: 1996.
- 2) 馬場安希, 菅原健介: 女子青年における瘦身願望についての研究. 教育心理学研究, 48: 267-274, 2000.
- 3) Bell, C., Kirkpatrick, S. W., and Rinn, R. C.: Body image of anorexic, obese, and normal females. J. Clin. Psychol., 42: 431-439, 1986.
- 4) デイビッド・バーカー (訳) 藤井留美 (監修・解説) 福岡秀興: 胎内で成人病は始まっている. 株式会社ソニー・マガジンス, 東京: 2005.
- 5) 遠藤数江, 中村伸枝, 荒木暁子, 小川純子, 村上寛子, 武田淳子: 学童・思春期の食習慣の現状. 千葉大学看護学部紀要, 27: 43-48, 2007.
- 6) Fallon, A. E. and Rozin, P.: Sex differences in perceptions of desirable body shape. J. Abnorm. Psychol., 94: 102-105, 1985.
- 7) 藤沢政美: 女子学生のボディイメージとライフスタイル. 園田学園女子大学論文集, 45: 53-63, 2001.
- 8) 藤瀬武彦: 学校体育におけるフィットネス教育の必要性ー新潟国際情報大学の体育教育についてー. 新潟体育学研究, 14: 38-40, 1995.
- 9) 藤瀬武彦: 高齢化社会に必要な「生涯フィットネス」. 月刊私学公論, 1996年4・5月合併号: 32-38, 1996.
- 10) 藤瀬武彦, 長崎浩爾: 青年男女における隠れ肥満者の頻度と形態的及び体力的特徴. 体力科学, 48: 631-640, 1999.
- 11) 藤瀬武彦: 日本人青年女性における体型の自己評価と理想像. 新潟国際情報大学情報文化学部紀要, 4: 105-122, 2001.
- 12) 藤瀬武彦: 日本人及び欧米人女子学生におけるボディイメージの比較. 体力科学, 52: 421-432, 2003.
- 13) 藤瀬武彦, 橋本麻里, 長崎浩爾: 新潟国際情報大学学生の形態、体力、及び運動能力ー体格指数、皮

- 下脂肪厚、及びバーベル挙上能力等について－. 新潟国際情報大学情報文化学部紀要, 7: 227-256, 2004.
- 14) 福田里香, 井口聖子, 勝田吏賀: 女子大学生の体型とボディイメージとの関係. 活水論文集, 第 53 集: 1-37, 2010.
- 15) 福岡秀興: 胎児期からの生活習慣病 (成人病) 予防. からだの科学, 249: 24-28, 2006.
- 16) 肥満学会編集委員会: 肥満症診断基準 2011. 日本肥満学会誌, 17 (臨時増刊号): 2011.
- 17) 平野和子: 女子学生のボディイメージとダイエット行動について. 神戸文化短期大学研究紀要, 26: 1-12, 2002.
- 18) 池田千代子, 遠藤伸子: 女子大学生のボディ・イメージの意識調査. 保健の科学, 40: 567-572, 1998.
- 19) 池田順子, 福田小百合, 村上俊男: 青年女子の痩せ志向 栄養系短期大学学生の 14 年間の推移. 日本公衛誌, 11: 777-785, 2008.
- 20) 伊藤巨志, 小泉昌幸, 塩野谷明: 女子大学生の理想体型に関する研究. 県立新潟女子短期大学紀要, 45: 131-135, 2008.
- 21) 梶原由紀子, 安原仁美, 山本茉里奈, 上野奈初美, 白石龍生: 女子大学生のやせ願望に関する研究. 大阪教育大学紀要, 58: 95-104, 2009.
- 22) 金本めぐみ, 横沢民男, 金本益男: 思春期女性の身体意識と食行動に関する研究. 上智大学体育, 38: 1-9, 2005.
- 23) 加藤彩霞, 池山加奈子, 中尾朱莉, 馬場恵利奈, 丸田美沙子, 中野正博, 高杢裕子: 女子高校生のボディイメージ・食行動と自尊感情との関連性. 第 24 回バイオメディカル・ファジィ・システム学会年次大会 講演論文集: 19-22, 2001.
- 24) 加藤恵子: 女子短大生の年次変化からみた体格認識について. 名古屋文理短期大学紀要, 25: 75-80, 2000.
- 25) 岸本泰蔵: 現代女性の形態美. バイオメカニズム学会誌, 26: 122-126, 2002.
- 26) 国立健康・栄養研究所: 国民健康・栄養の現状－平成 21 年厚生労働省国民健康・栄養調査報告より－. 第一出版株式会社, 東京: 6-81, 2012.
- 27) 国立健康・栄養研究所: 国民健康・栄養の現状－平成 22 年厚生労働省国民健康・栄養調査報告より－. 第一出版株式会社, 東京: 22-185, 2013.
- 28) 厚生労働省: 健康日本 21 (第二次). http://www.mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryou/kenkou/kenkou_nippon21/kenkou_nippon21/data05.html (2017 年 12 月 21 日現在) .
- 29) 熊上聡子, 宮崎浩子: 学童における食生活と生活習慣. 聖カタリナ女子短期大学紀要, 33: 97-111, 2000.
- 30) 桑原礼子, 栗原洋子: 女子大生におけるやせ志向調査と栄養教育. 鎌倉女子大学紀要, 10: 103-109, 2003.
- 31) 前川浩子: 青年期女子の体重・体型へのこだわりに影響を及ぼす因子－親の養育行動と社会的要因からの検討. パーソナリティ研究, 13: 129-142, 2005.
- 32) 米良貴嗣, 宮田正和, 岡 孝和, 兒玉直樹, 森 秀和, 玉川葉子, 辻 貞俊: デジタルカメラとパーソナルコンピューターを用いた摂食障害患者の身体イメージ評価法の開発. 心身医, 44: 835-840, 2004.
- 33) 水島広子: 「やせ願望」の精神病理 摂食障害からのメッセージ. PHP 新書, 東京: 2001.
- 34) 永井雅人, 小宮秀明, 松浦憲一, 森 豊: 疾病の有病数からみた理想的な BMI の検討. 肥満研究, 13: 256-261, 2007.
- 35) 中井義勝: ビデオ画像変形身体イメージ測定装置と Eating Disorder Inventory (EDI) で評価した摂食障害患者の身体イメージについて. 精神医学, 40: 247-252, 1998.

- 36) 中尾芙美子, 高桑みき子: 若年女性の肥満度別ボディ・イメージおよび性格特性について. 聖徳大学研究紀要 短期大学部, 33: 103-109, 2000.
- 37) 中谷和男: 拒食症の女たち なぜ彼女らは痩せたがるのか. 廣済堂出版, 東京: 1997.
- 38) 新潟日報社: 女子中学生 摂食障害 100 人に 2 人 成長期ダイエット危険. 新潟日報, 2011 年 3 月 2 日朝刊: 2011.
- 39) 新潟日報社: 女子全年齢で体重減少 11 年度 5~17 歳統計調査. 新潟日報, 2011 年 12 月 9 日朝刊: 2011.
- 40) 西沢義子, 木田和幸, 野田美保子, 齋藤久美子, 坂野晶司, 朝日茂樹, 三田禮造: 身長, 体重の申告値と実測値の比較—中・高校生の場合—. 学校保健研究, 44: 426-433, 2002.
- 41) 荻布智恵, 蓮井理沙, 細田明美, 山本由喜子: 若年女性の痩せ願望の現状と体型に対する自覚及びダイエット経験. 生活科学研究誌, 5: 1-9, 2006.
- 42) 大島郁葉, 作田亮一, 田副真美, 末松弘行: 摂食障害に関連する青年期男女の認知反応傾向の検討. 心身医, 46: 387-394, 2006.
- 43) 尾峪麻衣, 高山智子, 吉良尚平: 女子大学生の食生活状況および体型・体重調節志向と疲労自覚症状との関連. 日本公衆衛生雑誌, 52: 387-39, 2005.
- 44) 志渡晃一, 森田 勲, 竹内夕紀子, 佐藤陽香, 山田耕平: 本学学生における体型意識の性差に関する研究. 北海道医療大学看護福祉学部紀要, 11: 79-85, 2004.
- 45) 重田公子, 笹田陽子, 櫻村修正: 母親の痩身志向が次世代の健康に与える影響. 東京農大農学集報, 53: 41-45, 2008.
- 46) 鈴木公啓: 新しいシルエット図による若年女性のボディイメージと身体意識の関連についての再検討, 社会心理学研究, 30: 45-56, 2014.
- 47) 首都大学東京体力標準値研究会: 新・日本人の体力標準値 II. 不昧堂出版, 東京: 2007.
- 48) 田岡俊次: 痩せ願望は現代の纏足だ. 朝日新聞週刊 AERA, 2002 年 9 月 9 日号: 28-30, 2002.
- 49) Thompson, M. A. and Gray, J. J.: Development and validation of a new body-image assessment scale. J. Personal. Assess., 64: 258-269, 1995.
- 50) 外山健二, 小松啓子, 岡村真理子, 早川京子, 志塚ふじ子, 小松龍史: 体脂肪率が青年期女性の自己体型認識および体重調整意識に及ぼす影響. 肥満研究, 6: 63-67, 2000.
- 51) 津金昌一郎: やせの疫学. Adipo science, 7: 232-239, 2011.
- 52) 内山聡子, 小林幸子: 若年女性における痩せ願望と食生活状況. 和洋女子大学紀要 家政系編, 43: 135-146, 2003.
- 53) 上野智子, 山本昭子, 島田直子, 和佐野仁代: 九州地方の調査に基づく男女学生間における身体意識の比較. 日本家政学会誌, 56: 369-378, 2005.
- 54) 浦田秀子, 西山久美子, 勝野久美子, 福山由美子, 田代隆良, 田川 泰, 田原靖昭: 女子学生の体型と体型認識に関する研究. 長崎大学医学部保健学科紀要, 14: 43-48, 2001.
- 55) WHO. Global database on body mass index 2006-9-8.
- 56) 山田五郎: 百万人のお尻学. 講談社, 東京: 1992.
- 57) 山蔦圭輔, 野村 忍: 女子大学生における食行動異常(第1報). 日本女性心身医学会雑誌, 9: 211-218, 2004.
- 58) 安田雅宏, 原文 貴: 体型認識と運動習慣から評価した若年男女および女性隠れ肥満者の痩せ願望. 島根大学教育学部紀要, 42: 107-111, 2008.

The definition of sequential machine by **PSC**

Tadao Ishii*

Abstract

In this paper we will show how to define a sequential machine by using **PSC** system with Γ as a finite set of pair-sentence formulas. A pair-sentence form (A^0, B^1) means that if we assume each stage number i specifies the delay time of the link operation between pair-sentences, then the pair-sentence form (A^i, B^{i+1}) shows (A^i, A^{i+1}) (where $A^{i+1} := B^i$) that is the propagation of truth value of a sentence A at one delay time. So, we can define the one delay truth signal circuit by using a pair-sentence form. Moreover, to combine the plural pair-sentences in Γ , we can define $M_S = \langle \mathbf{TV}_\Gamma, \mathbf{I}_\Gamma, \mathbf{O}, v^0, \delta_\Gamma, \lambda_\Gamma \rangle$ as a sequential machine generated from Γ , where \mathbf{TV}_Γ a set of truth value products, \mathbf{I}_Γ a set of input truth value products, \mathbf{O} a set of output truth value products, $\delta_\Gamma : \mathbf{TV}_\Gamma^i \times \mathbf{I}_\Gamma^i \rightarrow \mathbf{TV}_\Gamma^{i+1}$ a truth value transition function and $\lambda_\Gamma : \mathbf{TV}_\Gamma^i \times \mathbf{I}_\Gamma^i \rightarrow \mathbf{O}^i$ a truth value output function.

Keywords: **SCI**, Liar paradox, revision theory, sequential machine, 3-valued Łukasiewicz logic.

1 Introduction

The Liar sentence has been studied in connection with several theories of truth [12, 8, 5]. As a typical such theory, Tarski had proposed *T-biconditionals* for L^0 in L^1 such that X is true in $L^1 \iff p$ in L^0 , where X is replaced by the standard name of a sentence in L^0 and p is replaced by the sentence that is being true in L^0 . The language L^0 for which the definition is constructed is called the *object language*, and the language L^1 in which the definition is given is called the *metalanguage*. For example, let's consider a simple Liar sentence:

(This sentence) : “This sentence is not true”.

Then, at first we have the following identity. (1) This sentence = “This sentence is not true”, and by applying the Tarski's biconditionals to this sentence, we get (2) “This sentence is not true” is true \iff This sentence is not true. So, by substitution of (1) to (2), we get (3) This sentence is true \iff This sentence is not true, which immediately yields a contradiction. The Liar paradox appears to show that the fundamental intuition is incoherent. In general, a central problem in the theory of truth is to resolve the paradox without damaging the fundamental intuition in any essential way.

To deal with the Liar paradox normally, we have introduced a system **PSC** [6, 7] that just rejects the principle of identity “A is A”, one of the third Aristotelian principles for thinking, as a conservative extension of R. Suszko's non-Fregean logic **SCI** [2, 11]. **PSC** was obtained from the classical sentential calculus by adding a new pair-sentence connective $((_)^i, (_)^j)$, where i, j are some stage numbers. Frege, Ramsey and others have made the observation that the sentence ‘“A” is true’ has the same meaning as A itself, and the addition of the truth predicate does not contribute any new content to the sentence A . So, our **PSC** does not include the truth predicate against the ordinary truth theory. If we consider a simple Liar sentence in **PSC**, and define $A =$ “This sentence is true”, then we get a pair-sentence form $(A^0, \neg A^1)$ with intent to mean that a *situation* of A on stage 0 is *referential* to the *situation* of $\neg A$ on stage 1. More

*Department of Information Systems, School of Information and Culture,
Niigata University of Information and International Studies

precisely speaking, we assume that any formulas A appear in the pair-sentence $(A^0, \neg A^1)$ has a situation with superscript i and if some situation A^i holds then its next linked situation A^{i+1} is referred by $A^{i+1} := \neg A^i$. Hence the referential relation is similar to identity connective \equiv , but more general notion just as a mutual link relation between sentences A and $\neg A$, and even that can be established between contradict ones if we introduce the stage notion i on which each sentence is valid.

In this paper we will show how to define a sequential machine by using **PSC** system with Γ as a finite set of pair-sentence formulas. For example, a pair-sentence form (A^0, B^1) means that if we assume each stage number i specifies the delay time of the link operation between pair-sentences A and B , then the pair-sentence form (A^i, B^{i+1}) shows (A^i, A^{i+1}) (where $A^{i+1} := B^i$) that is the propagation of truth value of a sentence A from A^i to A^{i+1} at one delay time. So, we can define the one delay truth signal circuit by using a pair-sentence form. Moreover, in the case of Liar sentence we have a pair-sentence form $(A^0, \neg A^1)$ which can show the self-referential negative feedback of the truth value of A . Let $\Gamma = \{(A_1^0, B_1^1), (A_2^0, B_2^1), \dots, (A_m^0, B_m^1)\}$ be a finite set of pair-sentence formulas, $X^0 = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ and $X^1 = \{B_1, B_2, \dots, B_m\}$ are sets of all formulas appeared in the first stage 0 and the second stage 1, respectively. If we introduce that $\mathbf{TV}_\Gamma = \{\prod_{j=1}^m v(A^j); A^j \in (Sub(X^0) \cap Sub(X^1))\}$ a set of all truth value assignment products where $Sub(X^i)$ a set of all subformulas of each element of X^i ($i \in \{0, 1\}$), $\mathbf{I}_\Gamma = \{\prod_{j=1}^k v(C^j); C^j \in Prim(X)\}$ a set of all input truth value assignment products where $X = Sub(X^1)/Sub(X^0)$ a subtraction of each $Sub(X^i)$ and $Prim(X)$ a set of all primitive formulas of X , $\mathbf{O} = \{\prod_{j=1}^l v(D^j); D^j \in Y\}$ a set of all output truth value assignment products where Y a set of all output formulas, $v^0 \in \mathbf{TV}_\Gamma$ an initial truth value assignment product, $\delta_\Gamma : \mathbf{TV}_\Gamma^i \times \mathbf{I}_\Gamma^i \rightarrow \mathbf{TV}_\Gamma^{i+1}$ a truth value assignment transition function, $\lambda_\Gamma : \mathbf{TV}_\Gamma^i \times \mathbf{I}_\Gamma^i \rightarrow \mathbf{O}^i$ a truth value assignment output function and \mathbf{F} a set of all final(accepted) truth value assignment, then we can define both $\mathbf{M}_S = \langle \mathbf{TV}_\Gamma, \mathbf{I}_\Gamma, \mathbf{O}, v^0, \delta_\Gamma, \lambda_\Gamma \rangle$ as a sequential machine and also $\mathbf{M}_A = \langle \mathbf{TV}_\Gamma, \mathbf{I}_\Gamma, v^0, \delta_\Gamma, \mathbf{F} \rangle$ as a finite automaton, generated from Γ .

2 PSC Logic

2.1 Formal System of PSC

Let $\mathcal{L}_P = \langle \mathbf{FOR}_P, \neg, \wedge, \vee, \rightarrow, ((-)^i, (-)^j), \top, \perp \rangle$ be a language of the sentential calculus with pair-sentence connective. The formulas \mathbf{FOR}_P of a language \mathcal{L}_P are generated in the usual way from an infinite set \mathbf{VAR}_P of sentential variables, constants \top (true) and \perp (false) by the standard truth functional connectives \neg (negation), \wedge (conjunction), \vee (disjunction) and \rightarrow (material implication) as well as the pair-sentence constructor $((-)^i, (-)^j)$, where $i, j \in \mathbf{N}$ are some stage numbers. In our language \mathcal{L}_P , we assume that every sentential variables are defined on an initial stage number $0 \in \mathbf{N}$. So, we have:

- (1) $\mathbf{VAR}_P = \mathbf{VAR}^0 = \{p^0, q^0, r^0, \dots\}$
- (2) $\mathbf{VAR}_P \subseteq \mathbf{FOR}_P$
- (3) $\forall A, B \in \mathbf{FOR}_P \implies \neg A, A \wedge B, A \vee B, A \rightarrow B, (A, B) \in \mathbf{FOR}_P$

Also we may use the same parentheses as auxiliary symbols even assume that the priority of each connective is weak as $\neg, \wedge, \vee, \rightarrow, (-, -)$ in order. Throughout this paper the letters $p, q, r, p^0, p^1, p^2, \dots$ will be used to denote any variables, the letters $A, B, C, A^0, A^1, A^2, \dots$ formulas of a language \mathcal{L}_P , the letters X, Y, Z, \dots sets of formulas, and Greek letters $\Gamma, \Sigma, \Delta, \dots$ sets of pair-sentence formulas. Moreover, two constants \top and \perp are defined as $p^0 \vee (\neg p)^0$ and $p^0 \wedge (\neg p)^0$ for some $p^0 \in \mathbf{VAR}^0$, respectively. At first we will introduce several terminology for pair-sentences as the following.

Definition 2.1 (Pair-sentence) (1) *For any sentence $A \in \mathbf{FOR}_P$, if there exist some sentence $B \in \mathbf{FOR}_P$ such that “ A is B ” is also a new sentence, then we assume that there exists a sentence $(A^0, B^1) \in \mathbf{FOR}_P$, which means that there exists A^1 on the next linked stage of A^0 such that A^1 is referential to B^0 , and call (A^0, B^1) a pair-sentence formula of*

A^0 and B^1 . Otherwise, we assume that there exists a sentence $(A^0, A^0) \in \mathbf{FOR}_{\mathcal{P}}$, and call (A^0, A^0) a unit of pair-sentence form for A^0 .

- (2) The referential stage numbering of composed formulas is the following: for any stage numbers $i, j, k \in \mathbf{N}$,
- (i) $(\neg A^i)^j \iff \neg(A^{i+j})$
 - (ii) $(A^i \% B^j)^k \iff A^{i+k} \% B^{j+k}$ where $\% \in \{\wedge, \vee, \rightarrow\}$
 - (iii) $(A^i, B^j)^k \iff (A^{i+k}, B^{j+k})$
- (3) If some sentence A has only a unit of pair-sentence form, then we assume that: $A^i \rightarrow (A^i)^{\pm n}$ for every $i, n \in \mathbf{N}$.

The superscript of each formula shows the referential stage number on which the formula is valid. The referential stage number will start from 0 and increase with depending on the referential frequency like 0, 1, 2, 3, ... If we will interpret "A is B" as an identical sentence (A^0, B^0) , that is $A^0 \equiv B^0$ in Suszko's notation, then we will get **SCI** system.

Example 2.2 (1) For any sentence $A \in \mathbf{FOR}_{\mathcal{P}}$, "A is A" if and only if there exist A^0, A^1 , $(A^0, A^1) \in \mathbf{FOR}_{\mathcal{P}}$ by Definition 2.1 (1). So, we have {"A is A"} $\iff \Gamma_1 = \{(A^0, A^1)\}$.

- (2) Similarly, for any $A, B, C \in \mathbf{FOR}_{\mathcal{P}}$,
- (i) {"A is not A"} $\iff \Gamma_2 = \{(A^0, \neg A^1)\}$
 - (ii) {"A is not B", "B is not C", "C is A"}
 $\iff \Gamma_3 = \{(A^0, \neg B^1), (B^0, \neg C^1), (C^0, A^1)\}$
 - (iii) {"C is $(A \vee (B \wedge \neg C))$ "} $\iff \Gamma_4 = \{(C^0, (A \vee (B \wedge \neg C))^1)\}$
 - (iv) {"B is C", "C is $(\neg A \wedge \neg B \wedge C) \vee (A \wedge \neg B)$ "}
 $\iff \Gamma_5 = \{(B^0, C^1), (C^0, ((\neg A \wedge \neg B \wedge C) \vee (A \wedge \neg B))^1)\}$

Definition 2.3 Let Γ be a set of pair-sentence formulas $\{(A^0, B_1^1), (B_1^0, B_2^1), (B_2^0, B_3^1), \dots, (B_{n-1}^0, B_n^1)\}$ ($\exists n \in \mathbf{N}$). Then we get $\Gamma = \{(A^0, B_1^1), (B_1^1, B_2^2), (B_2^2, B_3^3), \dots, (B_{n-1}^{n-1}, B_n^n)\}$ by Definition 2.1(3). So,

- (1) We say that a sequence of formulas $A^0 B_1^1 B_2^2 \dots B_n^n$ is a referential pattern of formula A generated from Γ .
- (2) If A is belong to a set of formulas $\{B_1^1, B_2^2, \dots, B_n^n\}$, we say that A has a circular referential relation with respect to Γ . Otherwise, A has a non-circular referential relation with respect to Γ .
- (3) The referential cycle number of A with respect to Γ , $\tau(A, \Gamma)$ in symbol, is defined as follows:
- (i) $\tau(A, \Gamma) = 0$ if $A \notin \{B_1^1, B_2^2, \dots, B_n^n\}$,
 - (ii) $\tau(A, \Gamma) = n$ if $A \in \{B_1^1, B_2^2, \dots, B_n^n\}$ and $A = B_n^n$.
- So, if A has a circular referential relation with respect to Γ , $\tau(A, \Gamma) \geq 1$. Otherwise, $\tau(A, \Gamma) = 0$.
- (4) If $\tau(A, \Gamma) \leq 1$, we say that A is categorical with respect to Γ . Otherwise, A is paradoxical with respect to Γ .

Definition 2.4 (PSC system) The axiomatic system **PSC** for the language $\mathcal{L}_{\mathcal{P}}$ consists of two sets of schema **TFA** (truth functional axioms) and **PSA** (pair-sentence axioms) below:

- (A1) – (A10) classical truth functional axioms
- (E1) (A, A)
- (E2) $(A, B) \rightarrow (B, A)$
- (E3) $(A, B) \wedge (B, C) \rightarrow (A, C)$
- (C1) $(A, B) \rightarrow (\neg A, \neg B)$

- (C2) $(A, B) \wedge (C, D) \rightarrow ((A \wedge C), (B \wedge D))$
(C3) $(A, B) \wedge (C, D) \rightarrow ((A \vee C), (B \vee D))$
(C4) $(A, B) \wedge (C, D) \rightarrow ((A \rightarrow C), (B \rightarrow D))$
(C5) $(A, B) \wedge (C, D) \rightarrow ((A, C), (B, D))$
(P1) $(A, B) \rightarrow (A \rightarrow B)$
(P2) $A \rightarrow A^{\pm n} \ (\forall n \in \mathbf{N})$ if A has only a unit of pair-sentence form
(Mp) $\frac{A \quad A \rightarrow B}{B}$

The axioms in **TF**A with modus ponens as a single rule give an axiomatic system **CL** for the classical sentential logic. If we define a system **PSC**⁰ by restricting the stage number as $0 \in \mathbf{N}$ only in a language \mathcal{L}_P , i.e., “ A is B ” \iff there exist $A^0, B^0, (A^0, B^0) \in \mathbf{FOR}_P^0$, and hence, eliminating axioms (P2) from **PSC**, then the system **PSC**⁰ is collapsed into systems **SCI** because in this case we can regard every pair-sentence formula $(A, B)^0$ as an identity formula $(A \equiv B)^0$ in **SCI** on stage 0.

Definition 2.5 (Derivability) Let Γ be a finite set of pair-sentence formulas in a language \mathcal{L}_P , X a finite set of formulas, A a formula and **PSC** a system in \mathcal{L}_P . Then we say that:

- (1) A^j is derivable from X based on Γ in **PSC**, $\mathbf{PSC}, X \vdash^\Gamma A^j$ in symbol, if there is a sequence of formulas $B_1^{i_1}, B_2^{i_2}, \dots, B_{n-1}^{i_{n-1}}, B_n^{i_n} \ (n \geq 1)$ such that $B_n^{i_n} = A^j$ and every formula in the sequence $B_1^{i_1}, B_2^{i_2}, \dots, B_{n-1}^{i_{n-1}}, A^j$ is either an axiom of **PSC**, or belongs to $X \cup \Gamma$, or is obtained by (Mp) rule from formulas occurring before it in the sequence. n is a length of derivation A^j from X based on Γ in **PSC**.
- (2) A is derivable from X based on Γ in **PSC**, $\mathbf{PSC}, X \vdash^\Gamma A$ in symbol, if there is a sequence of formulas $B_1^0, B_2^0, \dots, B_{n-1}^0, B_n^0 \ (n \geq 1)$ such that $B_n^0 = A^0$ and every formula in the sequence $B_1^0, B_2^0, \dots, B_{n-1}^0, A^0$ is either an axiom of **PSC**, or belongs to $X \cup \Gamma$, or is obtained by (Mp) rule from formulas occurring before it in the sequence.
- (3) If $X = \emptyset$, $\mathbf{PSC} \vdash^\Gamma A$ in symbol, A is a theorem of **PSC** based on Γ .

Proposition 2.6 Let $\Gamma_1 = \{(A^0, \neg A^1)\}$, $\Gamma_2 = \{(A^0, \neg A^1), (A^0, A^3)\}$ and $\Gamma_3 = \{(A^0, (B \vee (C \wedge \neg A))^1)\}$. Then,

- (1) $\mathbf{PSC}, A^0 \vdash^{\Gamma_1} \neg A^1$
- (2) $\mathbf{PSC} \vdash^{\Gamma_1} (A^0, \neg \neg A^2)$
- (3) $\mathbf{PSC} \vdash^{\Gamma_2} \perp$
- (4) $\mathbf{PSC} \vdash^{\Gamma_3} B \rightarrow A$

Definition 2.7 (Elementary extensions of PSC) Let us assume the following additional axioms: (P3) $(A^i, B^j) \wedge (B \leftrightarrow C)^j \rightarrow (A^i, C^j) \ (\forall i, j \in \mathbf{N})$

$$(P4) \ (A, A^{\pm n}) \ (\exists n \geq 1) \quad (n\text{-reflexivity})$$

Then, some elementary extensions of **PSC** are defined as follows:

- (1) $\mathbf{PSC}_B := \mathbf{PSC} \oplus (P3)$
- (2) $\mathbf{PSC}_n := \mathbf{PSC} \oplus (P4)$
- (3) $\mathbf{PSC}_{Bn} := \mathbf{PSC} \oplus (P3) \oplus (P4)$

2.2 Semantics of PSC

We interpret \mathcal{L}_P by using a classical truth assignment function $v : \mathbf{VAR}_P \rightarrow \{0, 1\}$ where \mathbf{VAR}_P is a set of sentential variables $\mathbf{VAR}^0 = \{p^0, q^0, r^0, \dots\}$ on stage $0 \in \mathbf{N}$. Then we can easily extend the function v to the domain of all formulas \mathbf{FOR}_P in a language \mathcal{L}_P . The assignment for all logical connectives $\{\neg, \wedge, \vee, \rightarrow\}$ are as usual way, but we will use the truth transition function $\delta^{j-i} : \mathbf{TV}^i \times \hat{\mathbf{I}}^{j-i} \rightarrow \mathbf{TV}^j$ to interpret a pair-sentence formula (A^i, B^j) where $\mathbf{TV}^i = \{v(A^i); A^i \in \mathbf{FOR}_P\}$ and $\hat{\mathbf{I}}^{j-i} = \mathbf{I}^i \times \mathbf{I}^{i+1} \times \dots \times \mathbf{I}^j$ where $\mathbf{I}^k = \{i_1^k, i_2^k, \dots, i_m^k\}$ is a

set of input truth value products on stage k . The n -th order of truth transition function δ^n is defined as follow:

Definition 2.8 (Truth transition function) Let Γ be a finite set of pair-sentence formulas $\{(A_1^0, B_1^1), (A_2^0, B_2^1), \dots, (A_n^0, B_n^1)\}$, X^0 a set of all formulas appeared in the first stage 0 $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ and X^1 a set of all formulas appeared in the second stage 1 $\{B_1, B_2, \dots, B_n\}$.

(1) Let us define $\mathbf{TV}^i = \{v(A^i); A^i \in X^i\}$ a set of truth value assignment on stage $i \in \{0, 1\}$, $\mathbf{I} = \{\prod_{j=0}^n v(A^j); A^j \in \text{Prim}(X)\}$ a set of all input truth value assignment products for all formulas which have a unit of pair-sentence form in Γ where $X = \text{Sub}(X^1)/\text{Sub}(X^0)$ a subtraction of each $\text{Sub}(X^i)$, $\text{Sub}(X^i)$ a set of all subformulas of each element of X^i and $\text{Prim}(X)$ a set of all primitive formulas of X . Then $\delta_\Gamma : \mathbf{TV}^0 \times \mathbf{I} \rightarrow \mathbf{TV}^1$ is a truth transition function determined by Γ such that $v((A_k^0, B_k^1)) = 1$ if and only if $\delta_\Gamma(v(A_k^0), \mathbf{I}) = v(B_k^1)$ ($1 \leq k \leq n$).

(2) Moreover, the following is a sequence of truth transition functions determined by δ_Γ : for any initial truth value assignment $v_0 \in \mathbf{TV}^0$,

$$\begin{aligned} \delta_\Gamma^0(v_0, \hat{\mathbf{I}}^0) &= v_0 \\ \delta_\Gamma^{n+1}(v_0, \hat{\mathbf{I}}^{n+1}) &= \delta_\Gamma(\delta_\Gamma^n(v_0, \hat{\mathbf{I}}^n), \mathbf{I}) \end{aligned}$$

where $\hat{\mathbf{I}}^0 = \langle \epsilon \rangle$ (empty input), $\hat{\mathbf{I}}^n = \overbrace{\mathbf{I} \times \dots \times \mathbf{I}}^n$ and $n \geq 0$ is an order of truth transition function.

(3) v_0 is n -reflexive with respect to Γ if $\delta_\Gamma^n(v_0, \hat{\mathbf{I}}^n) = v_0$ ($\exists n \in \mathbf{N}$).

(4) δ_Γ^{-1} is a reverse truth transition function of δ_Γ if $\delta_\Gamma^{-1}(\delta_\Gamma(v_0, \mathbf{I}), \mathbf{I}^{-1}) = v_0$.

We notice that 1-reflexive assignments are fixed points of δ_Γ , 2-reflexive ones have 2 as a cycle number and every initial assignment v_0 is 0-reflexive. Then we can easily extend this function δ_Γ to the domain of all elements in an Boolean algebra as follows.

Definition 2.9 Let Γ be a finite set of pair-sentence formulas, $\mathcal{A}_P = \langle \mathbf{A}_P, \sim, \cap, \cup, \supset, (- : -), 1, 0 \rangle$ an PSC-algebra and \mathbf{D}_P a subset of \mathbf{A}_P .

(1) An assignment of \mathcal{A}_P is a homomorphism $v : \mathcal{L}_P \rightarrow \mathcal{A}_P$ such that the following hold: for any $A, B \in \mathbf{FOR}_P$,

$$(i) v(A^i) \iff (v(A))^i \quad (\forall i \in \mathbf{N})$$

$$(ii) v(\neg A) \iff \sim v(A)$$

(iii) $v(A \% B) \iff v(A) \% v(B)$ where $\% \in \{\wedge, \vee, \rightarrow\}$ and $\% \in \{\cap, \cup, \supset\}$ is an algebraic counterpart of $\%$ in order

$$(iv) v((A, B)) \iff (v(A) : v(B))$$

$$(v) v(\top) = 1 \text{ and } v(\perp) = 0$$

(2) $\delta_\Gamma : \mathcal{A}_P^0 \times \mathbf{I} \rightarrow \mathcal{A}_P^1$ is a Boolean transition function determined by Γ , where \mathcal{A}_P^i is an Boolean algebra on order i ($i = 0, 1$) and \mathbf{I} is an Boolean input elements list.

(3) The ordering of composed elements is the following: for every elements $a^m, b^n \in \mathbf{A}_P$ and number $l \in \mathbf{N}$,

$$(i) (\sim a^m)^l \iff \sim a^{m+l}$$

$$(ii) (a^m \% b^n)^l \iff (a^{m+l} \% b^{n+l}) \text{ where } \% \in \{\cap, \cup, \supset, :\}$$

(4) (i) \mathbf{D}_P is closed if for every elements $a^m, b^n \in \mathbf{A}_P$, $a^m \in \mathbf{D}_P$ and $a^m \supset b^n \in \mathbf{D}_P$ imply $b^n \in \mathbf{D}_P$. (ii) \mathbf{D}_P is proper if $\mathbf{D}_P \neq \mathbf{A}_P$. (iii) \mathbf{D}_P is admissible if for every assignment v of \mathcal{A}_P and formula $A \in \mathbf{TFA} \sqcup \mathbf{PSA}$, $v(A) \in \mathbf{D}_P$. (iv) \mathbf{D}_P is prime if for every element $a^m \in \mathbf{A}_P$, $a^m \in \mathbf{D}_P$ or $\sim a^m \in \mathbf{D}_P$. (v) \mathbf{D}_P is transit if for every elements

$a^m, b^n \in \mathbf{A}_P$ and some input elements list $\hat{\mathbf{I}}^{n-m} \subseteq \overbrace{\mathbf{A}_P \times \cdots \times \mathbf{A}_P}^{n-m}$, $(a^m : b^n) \in \mathbf{D}_P \iff \delta_\Gamma^{n-m}(a^m, \hat{\mathbf{I}}^{n-m}) = b^n$. (vi) \mathbf{D}_P is normal if for every elements $a^m, b^m \in \mathbf{A}_P$ and an empty input list $\hat{\mathbf{I}}^0 = \langle \epsilon \rangle$, $(a^m : b^m) \in \mathbf{D}_P \iff \delta_\Gamma^0(a^m, \hat{\mathbf{I}}^0) = b^m \iff a^m = b^m$.

(5) \mathbf{D}_P is filter if \mathbf{D}_P is proper, closed and admissible.

Definition 2.10 Let Γ be a finite set of pair-sentence formulas, X a finite set of formulas, A a formula and \mathbf{A}_P an PSC-algebra.

- (1) $\mathcal{M}_P = \langle \mathbf{A}_P, \mathbf{D}_P \rangle$ is a PSC-matrix if \mathbf{D}_P is a filter in \mathbf{A}_P .
- (2) Moreover, \mathcal{M}_P is a PSC-model if \mathbf{D}_P is a prime ($1 \in \mathbf{D}_P$ and $0 \notin \mathbf{D}_P$), transit filter.
- (3) A is true in a PSC-model \mathcal{M}_P under the assumption of X based on Γ , $\mathcal{M}_P, X \models^\Gamma A$ in symbol, if for every assignment v of \mathbf{A}_P , $v(X \cup \Gamma) \subseteq \mathbf{D}_P$ implies $v(A) \in \mathbf{D}_P$.
- (4) A is valid under the assumption of X based on Γ , $X \models^\Gamma A$ in symbol, if for every PSC-model, $\mathcal{M}_P, X \models^\Gamma A$.

Definition 2.11 Let $\mathcal{M}_P = \langle \mathbf{A}_P, \mathbf{D}_P \rangle$ be a PSC-matrix. Then we define the following:
 $\forall a^m, b^n \in \mathbf{A}_P$,

- (1) \approx is a binary relation on \mathbf{A}_P such that $a^m \approx b^n \iff (a^m : b^n) \in \mathbf{D}_P$.
- (2) $|a^m|$ is the congruence class of element a^m , i.e., $|a^m| = \{b^n; a^m \approx b^n\}$.
- (3) \mathbf{A}_P/\approx is the set of congruence classes of elements of \mathbf{A}_P , i.e., $\mathbf{A}_P/\approx = \{|a^m|; a^m \in \mathbf{A}_P\}$.
- (4) $\mathbf{A}_P/\approx = \langle \mathbf{A}_P/\approx, \sim, \cap, \cup, \supset, (_ : _), |1|, |0| \rangle$ is an PSC-algebra with the following definitions: for every $|a^m|, |b^n| \in \mathbf{A}_P/\approx$,
 - (i) $\sim |a^m| \iff | \sim a^m |$
 - (ii) $|a^m| \% |b^n| \iff |a^m \% b^n|$ where $\% \in \{\cap, \cup, \supset, :\}$

Proposition 2.12 Let Γ be a finite set of pair-sentence formulas, X a finite set of formulas, A a formula and $\mathcal{M}_P = \langle \mathbf{A}_P, \mathbf{D}_P \rangle$ a PSC-matrix. Then we have the following:

- (1) \mathbf{D}_P/\approx is a filter in \mathbf{A}_P/\approx . So, $\mathcal{M}_P/\approx = \langle \mathbf{A}_P/\approx, \mathbf{D}_P/\approx \rangle$ is a PSC-matrix.
- (2) Moreover, \mathbf{D}_P/\approx is a transit filter in \mathbf{A}_P/\approx .
- (3) \mathbf{D}_P/\approx is prime if and only if \mathbf{D}_P is prime in \mathbf{A}_P .
- (4) The mapping $a^m \mapsto |a^m|$ is a matrix homomorphism from \mathcal{M}_P onto \mathcal{M}_P/\approx . So, $\mathcal{M}_P, X \models^\Gamma A$ if and only if $\mathcal{M}_P/\approx, X \models^\Gamma A$.

Theorem 2.13 (Completeness) Let Γ be a finite set of pair-sentence formulas, X a finite set of formulas, A a formula and $\mathcal{M}_P = \langle \mathbf{A}_P, \mathbf{D}_P \rangle$ a PSC-model.

- (1) X is consistent if and only if there exists a model \mathcal{M}_P and an assignment v of \mathbf{A}_P such that $X \subseteq v^{-1}(\mathbf{D}_P)$.
- (2) PSC, $X \vdash^\Gamma A$ if and only if for every PSC-model \mathcal{M}_P , $\mathcal{M}_P, X \models^\Gamma A$.
- (3) PSC $\vdash^\Gamma A$ if and only if for every PSC-model \mathcal{M}_P , $\mathcal{M}_P \models^\Gamma A$.
- (4) PSC $\vdash^\emptyset A$ if and only if for every PSC-model \mathcal{M}_P , $\mathcal{M}_P \models^\emptyset A$.

3 Sequential machine by PSC

We will consider a sequential machine by using PSC system.

Definition 3.1 Let $\Gamma = \{(A_1^0, B_1^1), (A_2^0, B_2^1), \dots, (A_m^0, B_m^1)\}$ be a finite set of pair-sentence formulas, $X^0 = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ and $X^1 = \{B_1, B_2, \dots, B_m\}$ are sets of all formulas appeared in the first stage 0 and the second stage 1, respectively. $X = Sub(X^1)/Sub(X^0)$ a subtraction of each $Sub(X^i)$ where $Sub(X^i)$ a set of all subformulas of each element of X^i ($i \in \{0, 1\}$), $Prim(X) = \{C_1, C_2, \dots, C_k\}$ a set of all primitive formulas of X , $Y = \{D_1, D_2, \dots, D_l\}$ a set of all output formulas. Then we define sequential machine and finite automaton as follows [1, 4]:

- (1) $M_S = \langle TV_\Gamma, I_\Gamma, O, v^0, \delta_\Gamma, \lambda_\Gamma \rangle$ is a sequential machine generated from Γ , where $TV_\Gamma = \{\prod_{j=1}^m v(A^j); A^j \in (Sub(X^0) \cap Sub(X^1))\}$ is a set of all truth value assignment products ($m = |Sub(X^0) \cap Sub(X^1)|$), $I_\Gamma = \{\prod_{j=1}^k v(C^j); C^j \in Prim(X)\}$ a set of all input truth value assignment products ($k = |Prim(X)|$), $O = \{\prod_{j=1}^l v(D^j); D^j \in Y\}$ a set of all output truth value assignment products ($l = |Y|$), $v^0 \in TV_\Gamma$ an initial truth value assignment product, $\delta_\Gamma : TV_\Gamma^i \times I_\Gamma^i \rightarrow TV_\Gamma^{i+1}$ a truth value assignment transition function and $\lambda_\Gamma : TV_\Gamma^i \times I_\Gamma^i \rightarrow O^i$ a truth value assignment output function.

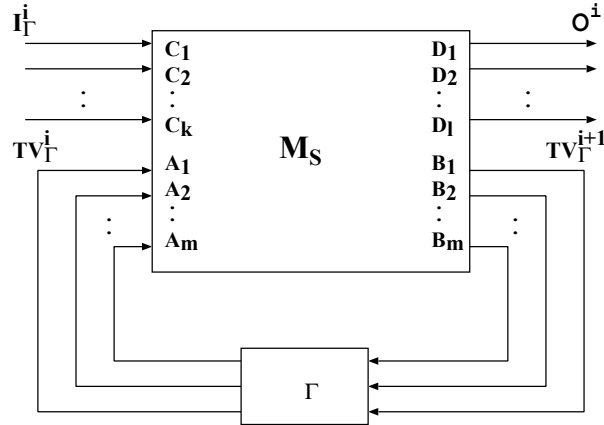


Figure 1: Sequential machine M_S generated from Γ

- (2) Moreover, if we restrict to $O = \{1(\text{yes}), 0(\text{no})\}$ in M_S such that $F = \{v \in TV_\Gamma, i \in I_\Gamma; \lambda_\Gamma(v, i) = 1\}$, then $M_A = \langle TV_\Gamma, I_\Gamma, v^0, \delta_\Gamma, F \rangle$ is a finite automaton generated from Γ , where F is a set of all final(accepted) truth value assignment.

We will investigate several sets of pair-sentence formulas.

Example 3.2 (Dialogue for Socrates, Plato and Aristoteles)

Socrates : “Plato’s remarks are not true”.

Plato : “Aristoteles’s remarks are not true”.

Aristoteles : “Socrates’ remarks are true”.

Let’s $A =$ ”Socrates’s remarks are true”, $B =$ ”Plato’s remarks are true” and $C =$ “Aristoteles’s remarks are true”. Then we define $\Gamma_3 = \{(A^0, \neg B^1), (B^0, \neg C^1), (C^0, A^1)\}$ as a set of pair-sentence formulas. Since we have $X^0 = \{A, B, C\}$, $X^1 = \{A, \neg B, \neg C\}$ and $X = Sub(X^1)/Sub(X^0) = \{\neg B, \neg C\}$, so $I_{\Gamma_3} = Prim(X) = \emptyset$. If we define $\delta_{\Gamma_3} : TV_{\Gamma_3}^i \times I_{\Gamma_3}^i \cup \{\epsilon\} \rightarrow TV_{\Gamma_3}^{i+1}$ where

Table 1: Truth transition table of Γ_3

$\mathbf{TV}_{\Gamma_3}^i$	A^i	B^i	C^i	$A^{i+1} \stackrel{\text{def}}{=} \neg B^i$	$B^{i+1} \stackrel{\text{def}}{=} \neg C^i$	$C^{i+1} \stackrel{\text{def}}{=} A^i$	$\mathbf{TV}_{\Gamma_3}^{i+1}$
v_1	1	1	1	0	0	1	v_7
v_2	1	1	0	0	1	1	v_5
v_3	1	0	1	1	0	1	v_3
v_4	1	0	0	1	1	1	v_1
v_5	0	1	1	0	0	0	v_8
v_6	0	1	0	0	1	0	v_6
v_7	0	0	1	1	0	0	v_4
v_8	0	0	0	1	1	0	v_2

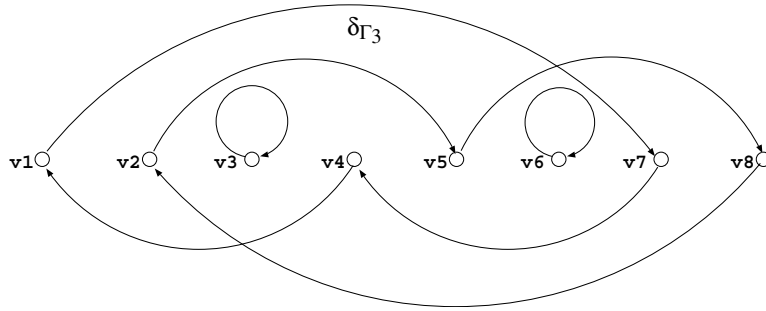


Figure 2: Boolean transition figure of δ_{Γ_3}

ϵ is an empty input, and let's $\mathbf{TV}_{\Gamma_3} = \{v(A) \times v(B) \times v(C); v : \text{Sub}(X^0) \cap \text{Sub}(X^1) \rightarrow \{0, 1\}\} = \{v_1, v_2, \dots, v_8\}$, $v^0 \in \mathbf{TV}_{\Gamma_3}$ and $\mathbf{F} = \{v_3, v_6\} \subseteq \mathbf{TV}_{\Gamma_3}$, then we get $\mathbf{M}_A = \langle \mathbf{TV}_{\Gamma_3}, \mathbf{I}_{\Gamma_3}, v^0, \delta_{\Gamma_3}, \mathbf{F} \rangle$ as a finite automaton generated from Γ_3 (see Table 1).

Example 3.3 (Circular definition in Gupta's book [3])

$$C \stackrel{\text{def}}{=} (A \vee (B \wedge \neg C))$$

In this case, we define $\Gamma_4 = \{(C^0, (A \vee (B \wedge \neg C))^1)\}$ as a set of pair-sentence formulas. Since we have $X^0 = \{C\}$, $X^1 = \{A \vee (B \wedge \neg C)\}$ and $X = \text{Sub}(X^1) / \text{Sub}(X^0) = \{A, B, \neg C, B \wedge \neg C, A \vee (B \wedge \neg C)\}$, so $\text{Prim}(X) = \{A, B\}$. If we define $\delta_{\Gamma_4} : \mathbf{TV}_{\Gamma_4}^i \times \mathbf{I}_{\Gamma_4}^i \rightarrow \mathbf{TV}_{\Gamma_4}^{i+1}$, and let's $\mathbf{TV}_{\Gamma_4} = \{v(C); v : \text{Sub}(X^0) \cap \text{Sub}(X^1) \rightarrow \{0, 1\}\} = \{v_1, v_2\}$, $\mathbf{I}_{\Gamma_4} = \{v(A) \times v(B); v : \text{Prim}(X) \rightarrow \{0, 1\}\} = \{i_1, \dots, i_4\}$, $v^0 \in \mathbf{TV}_{\Gamma_4}$ and $\mathbf{F} = \{v_1, v_2\} \subseteq \mathbf{TV}_{\Gamma_4}$, then we get $\mathbf{M}_A = \langle \mathbf{TV}_{\Gamma_4}, \mathbf{I}_{\Gamma_4}, v^0, \delta_{\Gamma_4}, \mathbf{F} \rangle$ as a finite automaton generated from Γ_4 (see Table 2).

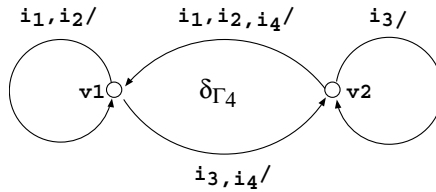


Figure 3: Boolean transition figure of δ_{Γ_4}

Example 3.4 (Two type of traffic signals with a push button [9])

- (a) *There exist two type of traffic signals. One signal A is for cars, and the other B with a push button is for pedestrians.*

Table 2: Truth transition table of Γ_4

$\mathbf{I}_{\Gamma_4}^i$	A^i	B^i	$\mathbf{TV}_{\Gamma_4}^i$	C^i	$C^{i+1} \stackrel{\text{def}}{=} A^i \vee (B^i \wedge \neg C^i)$	$\mathbf{TV}_{\Gamma_4}^{i+1}$
i_1	1	1	v_1	1	1	v_1
	1	1	v_2	0	1	v_1
i_2	1	0	v_1	1	1	v_1
	1	0	v_2	0	1	v_1
i_3	0	1	v_1	1	0	v_2
	0	1	v_2	0	1	v_1
i_4	0	0	v_1	1	0	v_2
	0	0	v_2	0	0	v_1

- (b) If push a button Off, then A turns on Blue light and B on Red light.
- (c) If push a button On at a time t , then A turns on Yellow at $t + 1$ and also both A on Red and B on Blue at $t + 2$.
- (d) Moreover, at $t + 3$ keep the previous state (both A on Red and B on Blue). And at $t + 4$, both signals A and B return to the initial state (both A on Blue and B on Red).
- (e) While A turns on Yellow or Red, it is invalid to push the button.

We will show the time table of each signal A and B (see Table 3). From this table, we need the following sets \mathbf{I} , \mathbf{D} and \mathbf{O} to define the sequential machine.

Table 3: Time table of each signal A and B

	t	t+1	t+2	t+3	t+4	
Time	1	2	3	4	5	6
Buttom	Off	On	--	--	--	
Signal A	Blue	Blue	Yellow	Red	Red	Blue
Signal B	Red	Red	Red	Blue	Blue	Red
State	d_1		d_2	d_3	d_4	

Let $\mathbf{I} = \{\text{Off}, \text{On}\} = \{0, 1\}$ be a set of input push button states, $\mathbf{D} = \{d_1, d_2, d_3, d_4\} = \{00, 01, 11, 10\}$ a set of signal states and $\mathbf{O} = \{\text{Blue}, \text{Yellow}, \text{Red}\} = \{00, 01, 11(10)\}$ a set of output signals. Here each binary numeral is a coding of each element in sets. Next we define the state transition function δ and the signal output function λ of Signal A based on Table 3 as follows:

Table 4: Binary coding of transition, output and Boolean function tables (Signal A)

δ		D			
		$d_1(00)$	$d_2(01)$	$d_3(11)$	$d_4(10)$
I	Off(0)	$d_1(00)$	$d_3(11)$	$d_4(10)$	$d_1(00)$
	On(1)	$d_2(01)$	$d_3(11)$	$d_4(10)$	$d_1(00)$

λ		D			
		$d_1(00)$	$d_2(01)$	$d_3(11)$	$d_4(10)$
I	Off(0)	Bl(00)	Ye(01)	Re(11)	Re(10)
	On(1)	Bl(00)	Ye(01)	Re(11)	Re(10)

From Table 4, we can define every output formulas B_1, B_2, D_1, D_2 by using input formulas C, A_1, A_2 as follows:

$$B_1 = (\neg A_1 \wedge A_2 \wedge \neg C) \vee (A_1 \wedge A_2 \wedge \neg C) \vee (\neg A_1 \wedge A_2 \wedge C) \vee (A_1 \wedge A_2 \wedge C)$$

	C	A1	A2		B1	B2		D1	D2	
Off	0	0	0	(d1)	0	0	(d1)	0	0	(Bl)
	0	0	1	(d2)	1	1	(d3)	0	1	(Ye)
	0	1	1	(d3)	1	0	(d4)	1	1	(Re)
	0	1	0	(d4)	0	0	(d1)	1	0	(Re)
On	1	0	0	(d1)	0	1	(d2)	0	0	(Bl)
	1	0	1	(d2)	1	1	(d3)	0	1	(Ye)
	1	1	1	(d3)	1	0	(d4)	1	1	(Re)
	1	1	0	(d4)	0	0	(d1)	1	0	(Re)

$$\begin{aligned}
&= (\neg A_1 \wedge A_2) \vee (A_1 \wedge A_2) = A_2. \\
B_2 &= (\neg A_1 \wedge A_2 \wedge \neg C) \vee (\neg A_1 \wedge \neg A_2 \wedge C) \vee (\neg A_1 \wedge A_2 \wedge C) = (\neg A_1 \wedge A_2 \wedge \neg C) \vee (\neg A_1 \wedge C) \\
D_1 &= (A_1 \wedge A_2 \wedge \neg C) \vee (A_1 \wedge \neg A_2 \wedge \neg C) \vee (A_1 \wedge A_2 \wedge C) \vee (A_1 \wedge \neg A_2 \wedge C) \\
&= (A_1 \wedge A_2) \vee (A_1 \wedge \neg A_2) = A_1 \\
D_2 &= (\neg A_1 \wedge A_2 \wedge \neg C) \vee (A_1 \wedge A_2 \wedge \neg C) \vee (\neg A_1 \wedge A_2 \wedge C) \vee (A_1 \wedge A_2 \wedge C) \\
&= (\neg A_1 \wedge A_2) \vee (A_1 \wedge A_2) = A_2
\end{aligned}$$

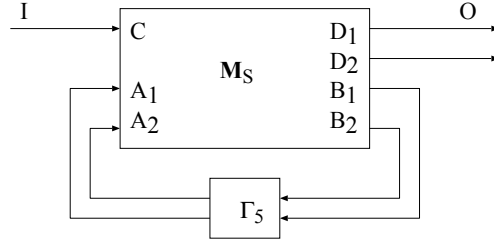


Figure 4: Sequential machine generated from Γ_5 (Signal A)

We define $\Gamma_5 = \{(A_1^0, A_2^1), (A_2^0, ((\neg A_1 \wedge A_2 \wedge \neg C) \vee (\neg A_1 \wedge C))^1)\}$ as a set of pair-sentence formulas. Since we have $X^0 = \{A_1, A_2\}$, $X^1 = \{A_2, (\neg A_1 \wedge A_2 \wedge \neg C) \vee (\neg A_1 \wedge C)\}$ and $X = Sub(X^1)/Sub(X^0) = \{C, \neg A_1, \neg C, \neg A_1 \wedge A_2, \dots\}$, so $Prim(X) = \{C\}$. If we define $\delta_{\Gamma_5} : \mathbf{TV}_{\Gamma_5}^i \times \mathbf{I}_{\Gamma_5}^i \rightarrow \mathbf{TV}_{\Gamma_5}^{i+1}$, and let's $\mathbf{TV}_{\Gamma_5} = \{v(A_1) \times v(A_2); v : Sub(X^0) \cap Sub(X^1) \rightarrow \{0, 1\}\} = \{v_1(d_3), v_2(d_4), v_3(d_2), v_4(d_1)\}$, $\mathbf{I}_{\Gamma_5} = \{v(C); v : Prim(X) \rightarrow \{1, 0\}\} = \{i_1(\text{On}), i_2(\text{Off})\}$, $\mathbf{O} = \{v(D_1) \times v(D_2); v : \{D_1, D_2\} \rightarrow \{0, 1\}\} = \{00(\text{Blue}), 01(\text{Yellow}), 11(\text{Red}), 10(\text{Red})\}$, $v^0 \in \mathbf{TV}_{\Gamma_5}$ and $\lambda_{\Gamma_5} : \mathbf{TV}_{\Gamma_5}^i \times \mathbf{I}_{\Gamma_5}^i \rightarrow \mathbf{O}^i$ then we get $M_S = \langle \mathbf{TV}_{\Gamma_5}, \mathbf{I}_{\Gamma_5}, \mathbf{O}, v^0, \delta_{\Gamma_5}, \lambda_{\Gamma_5} \rangle$ as a sequential machine generated from Γ_5 (see Table 5).

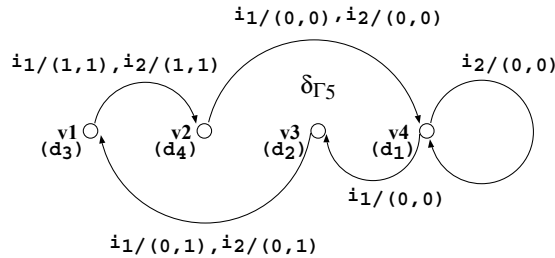


Figure 5: Boolean transition figure of δ_{Γ_5} (Signal A)

Table 5: Truth transition table of Γ_5 (Signal A)

$I_{\Gamma_5}^i$	C^i	$TV_{\Gamma_5}^i$	A_1^i	A_2^i	$A_1^{i+1} \stackrel{\text{def}}{=} A_2^i$	A_2^{i+1}	$TV_{\Gamma_5}^{i+1}$	D_1^i	D_2^i
i_1	1	v_1	1	1	1	0	v_2	1	1
	1	v_2	1	0	0	0	v_4	1	0
	1	v_3	0	1	1	1	v_1	0	1
	1	v_4	0	0	0	1	v_3	0	0
i_2	0	v_1	1	1	1	0	v_2	1	1
	0	v_2	1	0	0	0	v_4	1	0
	0	v_3	0	1	1	1	v_1	0	1
	0	v_4	0	0	0	0	v_4	0	0

where we assume that $A_2^{i+1} \stackrel{\text{def}}{=} (\neg A_1^i \wedge A_2^i \wedge \neg C^i) \vee (\neg A_1^i \wedge C^i)$ and every output formulas are $D_1^i \stackrel{\text{def}}{=} A_1^i$ and $D_2^i \stackrel{\text{def}}{=} A_2^i$.

4 3-valued Łukasiewicz logic on PSC

Let $\mathcal{L}_3 = \langle \mathbf{FOR}_3, \neg_3, \wedge_3, \vee_3, \rightarrow_3, \equiv_3, \perp, \mathbf{N}, \top \rangle$ be a sentential language constructed from sentential variables, constants \perp (strictly false), \top (strictly true) and \mathbf{N} (possible) by means of Łukasiewicz connectives: \neg_3 (Ł-negation), \rightarrow_3 (Ł-implication), \wedge_3 (Ł-conjunction), \vee_3 (Ł-disjunction) and \equiv_3 (Ł-equivalence). \mathbf{FOR}_3 is a set of all formulas of \mathcal{L}_3 . Here each connective is defined by the following truth tables [10]:

Table 6: Truth table of each connective in \mathcal{L}_3

A	$\neg_3 A$	\rightarrow_3	0	1/2	1	\vee_3	0	1/2	1
0	1	0	1	1	1	0	0	1/2	1
1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1/2	1/2	1/2	1
1	0	1	0	1/2	1	1	1	1	1
\wedge_3	0	1/2	1	\equiv_3	0	1/2	1	0	1
0	0	0	0	0	1	1/2	0	1/2	0
1/2	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1	1/2
1	0	1/2	1	1	1	0	1/2	1	1

Where $\mathcal{A}_3 = \langle \mathbf{A}_3, \sim_3, \cap_3, \cup_3, \supset_3, \circ, \{0, 1/2, 1\} \rangle$ is the well-known \mathbb{L}_3 -algebra and $\mathbf{D}_3 = \{1\}$ a designated subset of \mathbf{A}_3 , then the pair $\mathcal{M}_3 = \langle \mathcal{A}_3, \mathbf{D}_3 \rangle$ is the Łukasiewicz's 3-valued model. For any formula $A \in \mathbf{FOR}_3$ is true in \mathcal{M}_3 model under the assumption of $X \subseteq \mathbf{FOR}_3$, $\mathcal{M}_3, X \models A$ in symbol, if for every assignment $h : \mathbf{FOR}_3 \rightarrow \mathbf{A}_3$, $h(X) \subseteq \mathbf{D}_3$ implies $h(A) = 1$, where $h(\perp) = 0$, $h(\mathbf{N}) = 1/2$ and $h(\top) = 1$. Moreover,

$$\begin{aligned}
 h(\neg_3 A) &\stackrel{\text{def}}{=} (1 - h(A)) \\
 h(A \rightarrow_3 B) &\stackrel{\text{def}}{=} \min\{1, 1 - h(A) + h(B)\} \\
 h(A \vee_3 B) &\stackrel{\text{def}}{=} ((h(A) \rightarrow_3 h(B)) \rightarrow_3 h(B)) = \max\{h(A), h(B)\} \\
 h(A \wedge_3 B) &\stackrel{\text{def}}{=} \neg_3(\neg_3 A \vee_3 \neg_3 B) = \min\{h(A), h(B)\}
 \end{aligned}$$

To interpret the tautology set of \mathcal{L}_3 on PSC logic, we define the truth assignment $v_h : \mathbf{FOR}_3 \rightarrow \{0, 1\}$ such that for any algebraic assignment $h : \mathbf{FOR}_3 \rightarrow \mathbf{A}_3$, $v_h(A) \stackrel{\text{def}}{=} h(\neg_3(A \rightarrow_3 \neg_3 A))$.

This means that for any formula $A \in \mathbf{FOR}_3$, $v_h(A) = 1$ if $h(A) = 1$ and otherwise, $v_h(A) = 0$. Then we can define the Łukasiewicz's 3-valued logic on **PSC** as follows:

Let $\mathcal{L}_P = \langle \mathbf{FOR}_P, \neg, \wedge, \vee, \rightarrow, ((-), (-)), \top, \perp \rangle$ be a **PSC** language, where

$$\neg A \stackrel{\text{def}}{=} (A \rightarrow_3 \neg_3 A)$$

$$A \rightarrow B \stackrel{\text{def}}{=} (A \rightarrow_3 (A \rightarrow_3 B))$$

$$A \vee B \stackrel{\text{def}}{=} ((A \rightarrow_3 B) \rightarrow_3 B)$$

$$A \wedge B \stackrel{\text{def}}{=} \neg_3(\neg_3 A \vee_3 \neg_3 B)$$

$$(A, B) \stackrel{\text{def}}{=} ((A \rightarrow_3 B) \wedge_3 (B \rightarrow_3 A)) = (A \equiv_3 B)$$

Every connectives $\{\neg, \wedge, \vee, \rightarrow, ((-), (-))\}$ are classical and have one of two truth values (\top, \perp) . Also in this case, a pair-sentence connective $((-), (-))$ is an identity, so $v_h((A, B)) = 1$ if $h(A)=h(B)$ and otherwise, $v_h((A, B)) = 0$ (see Table 6 and 7).

Table 7: Truth table of each connective in \mathcal{L}_P

A	$\neg_3 A$	$\neg A = (A \rightarrow_3 \neg_3 A)$	
0	1	1	$= \min\{1, 1-0+1\}$
1/2	1/2	1	$= \min\{1, 1-1/2+1/2\}$
1	0	0	$= \min\{1, 1-1+0\}$

A	B	$A \rightarrow_3 B$	$A \rightarrow B = (A \rightarrow_3 (A \rightarrow_3 B))$	$A \vee B = ((A \rightarrow_3 B) \rightarrow_3 B)$
0	0	1	1	0
0	1/2	1	1	1/2 (0)
0	1	1	1	1
1/2	0	1/2	1	1/2 (0)
1/2	1/2	1	1	1/2 (0)
1/2	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	1/2	1/2	1/2 (0)	1
1	1	1	1	1

A	B	$\neg_3 A$	$\neg_3 B$	$\neg_3 A \vee_3 \neg_3 B$	$A \wedge B = \neg_3(\neg_3 A \vee_3 \neg_3 B)$
0	0	1	1	1	0
0	1/2	1	1/2	1	0
0	1	1	0	1	0
1/2	0	1/2	1	1	0
1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2 (0)
1/2	1	1/2	0	1/2	1/2 (0)
1	0	0	1	1	0
1	1/2	0	1/2	1/2	1/2 (0)
1	1	0	0	0	1

Here if we interpret the Łukasiewicz's connectives $\{\neg_3, \rightarrow_3\}$ by $\neg_3 A \stackrel{\text{def}}{=} (A, \neg(A, A))$ and $A \rightarrow_3 B \stackrel{\text{def}}{=} (A \wedge B, A)$ on **PSC** logic, then we can get the 2-valued (classical) system **PSC**

with $\Gamma_6 = \{(\neg_3 A, (A, \neg(A, A))), (A \rightarrow_3 B, (A \wedge B, A))\}$ as a set of pair-sentence formulas, and which has the same tautology set as Lukasiewicz's 3-valued logic (see Table 8 and Figure 6).

Table 8: Interpretation of each Lukasiewicz's connective in \mathcal{L}_P

≡				
A	$\neg_3 A$	(A, A)	$\neg(A, A)$	(A, $\neg(A, A)$)
0	1	1	0	1
1/2	1/2	1	0	(1/2, 0) (=1/2)
1	0	1	0	0

≡				
A	B	$A \rightarrow_3 B$	$A \wedge B$	($A \wedge B, A$)
0	0	1	0	1
0	1/2	1	0	1
0	1	1	0	1
1/2	0	1/2	0	(1/2, 0) (=1/2)
1/2	1/2	1	1/2	1
1/2	1	1	1/2	1
1	0	0	0	0
1	1/2	1/2	1/2	(1, 1/2) (=1/2)
1	1	1	1	1

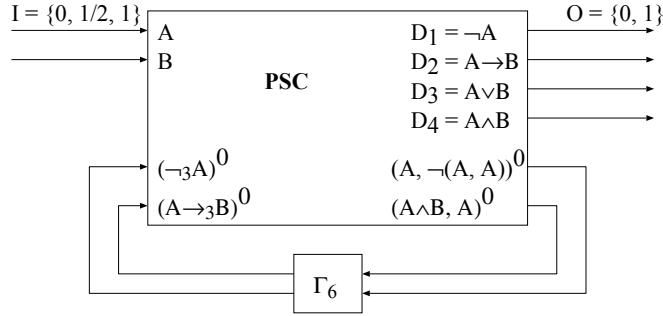


Figure 6: 2-valued (classical) system of Lukasiewicz's 3-valued logic on **PSC**

where $D_1 \stackrel{\text{def}}{=} (A \rightarrow_3 \neg_3 A)$, $D_2 \stackrel{\text{def}}{=} (A \rightarrow_3 (A \rightarrow_3 B))$, $D_3 \stackrel{\text{def}}{=} ((A \rightarrow_3 B) \rightarrow_3 B)$ and $D_4 \stackrel{\text{def}}{=} \neg_3(\neg_3 A \vee \neg_3 B)$.

5 Conclusion

In this paper we have defined a sequential machine $M_S = \langle \mathbf{TV}_\Gamma, \mathbf{I}_\Gamma, \mathbf{O}, v^0, \delta_\Gamma, \lambda_\Gamma \rangle$ and also a finite automaton $M_A = \langle \mathbf{TV}_\Gamma, \mathbf{I}_\Gamma, v^0, \delta_\Gamma, \mathbf{F} \rangle$ by using **PSC** system with Γ as a finite set of pair-sentence formulas. Here $\Gamma = \{(A_1^0, B_1^1), (A_2^0, B_2^1), \dots, (A_m^0, B_m^1)\}$ is a finite set of pair-sentence formulas, $X^0 = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ and $X^1 = \{B_1, B_2, \dots, B_m\}$ are sets of all formulas appeared in the first stage 0 and the second stage 1, respectively. Moreover, $\mathbf{TV}_\Gamma = \{\prod_{j=1}^m v(A^j); A^j \in (Sub(X^0) \cap Sub(X^1))\}$ is a set of all truth value assignment products where $Sub(X^i)$ a set of all subformulas of each element of X^i ($i \in \{0, 1\}$), $\mathbf{I}_\Gamma = \{\prod_{j=1}^k v(C^j); C^j \in Prim(X)\}$ a set of all input truth value assignment products where $X = Sub(X^1)/Sub(X^0)$ a subtraction of each $Sub(X^i)$ and $Prim(X)$ a set of all primitive formulas of X , $\mathbf{O} = \{\prod_{j=1}^l v(D^j); D^j \in Y\}$ a set of all output truth value assignment products where Y a set of all output formulas, $v^0 \in \mathbf{TV}_\Gamma$ an initial truth value assignment product, $\delta_\Gamma : \mathbf{TV}_\Gamma^i \times \mathbf{I}_\Gamma^i \rightarrow \mathbf{TV}_\Gamma^{i+1}$ a truth value assignment transition function, $\lambda_\Gamma : \mathbf{TV}_\Gamma^i \times \mathbf{I}_\Gamma^i \rightarrow \mathbf{O}^i$ a truth value assignment output function and \mathbf{F} a set of all final(accepted) truth value assignment.

We have also explained some concrete examples of Γ :

$\Gamma_1 = \{(A^0, A^1)\}$: The principle of identity “A is A”

$\Gamma_2 = \{(A^0, \neg A^1)\}$: A simple Liar sentence

$\Gamma_3 = \{(A^0, \neg B^1), (B^0, \neg C^1), (C^0, A^1)\}$: Dialogue for Socrates, Plato and Aristoteles

$\Gamma_4 = \{(C^0, (A \vee (B \wedge \neg C))^1)\}$: Circular definition in Gupta’s book [3]

$\Gamma_5 = \{(B^0, C^1), (C^0, ((\neg A \wedge \neg B \wedge C) \vee (A \wedge \neg B))^1)\}$: Two type of traffic signals with a push button [9]. Finally we have constructed the 2-valued classical system of Łukasiewicz’s 3-valued logic on **PSC** with $\Gamma_6 = \{(\neg_3 A, (A, \neg(A, A))), (A \rightarrow_3 B, (A \wedge B, A))\}$ as a set of pair-sentence formulas, and which has the same tautology set as Łukasiewicz’s 3-valued logic.

References

- [1] W. Burks, *Essays on Cellular Automata*, University of Illinois Press, Urbana, Chicago, London, 1970.
- [2] S. L. Bloom and R. Suszko, Investigations into the sentential calculus with identity, *Notre Dame Journal of Formal Logic*, vol. XIII, No. 3, (1971), pp.289–308.
- [3] A. Gupta and N. Belnap, *The Revision Theory of Truth*, MIT Press, Cambridge, 1993.
- [4] M. A. Harrison, *Introduction to Switching Theory and Automata Theory*, McGraw-Hill, 1965.
- [5] H. G. Herzberger, Naive semantics and the Liar paradox, *Journal of Philosophy* 79, 1982, pp.479–497.
- [6] T. Ishii, A syntactical comparison between pair sentential calculus **PSC** and Gupta’s definitional calculus \mathbf{C}_n , *Bulletin of NUIS*, Niigata University of International and Information Studies, 2016.
- [7] T. Ishii, SCI for pair-sentence and its completeness, *Non-Classical Logics, Theory and Applications*, Vol. 8, 2016, pp.61–65.
- [8] S. Kripke, Outline of a theory of truth, *Journal of Philosophy* 72, 1975, pp.690–716.
- [9] U. Sousichi, *Sinnri-syoumei-keisann*, Minerva-shobo, Japan, 1989.
- [10] R. Suszko, Remarks on Łukasiewicz’s three-valued logic, *Bulletin of the Section of Logic*, University of Łódź, vol.4, Nr.3, 1975, pp.87–90.
- [11] R. Suszko, Abolition of the Fregean axiom, *Logic Colloquium*, eds. by R. Parikh, Springer, Berlin, 1975, pp.169–239.
- [12] A. Tarski, The concept of truth in formalized language, in *Logic, Semantics, Metamathematics*, trans. by J. H. Woodger, Oxford University Press, 1956, pp.152–278.

「学生による授業評価」結果の統計的分析による考察
A Statistical Study on a Result of “Classes Evaluation by Students”

西山茂

Shigeru Nishiyama

概要

新潟国際情報大学で実施している「学生による授業評価アンケート」の結果は、個々の教員の担当した授業の全体の中での位置付けが明確にわかるようには提示されてこなかった。また、アンケートの際に寄せられる学生からのコメントは、個人情報観点などから、担当教員にのみ提示され、他の教員の参考に供されることはなかった。

筆者は、FD委員会の委員長という役職上、「学生による授業評価アンケート」の詳細なデータに接することができた。そこで、2017年度前期の「学生による授業評価アンケート」結果を分析対象として、統計的手法により「学生による授業評価アンケート」結果の全体的傾向、学生のコメントの傾向を分析した。その結果、次のようなことが示された。①アンケートの回答数が多くなるほど、評価点の平均は低下する傾向がある。②学生コメントを好意的、批判的、中間的に分類すると、好意的なコメントの数に比し、批判的コメントが多い。③批判的コメント数が多くなると評価点が低下する傾向がある。

キーワード

学生、授業評価、自由記述コメント、評価、統計分析、アンケート

1. はじめに

平成19文科令22により、大学の授業内容及び授業方法の改善を図るための研究及び研修を組織的に実施することが大学に義務付けられた。この活動をFD(Faculty Development)と呼ぶ。新潟国際情報大学(以下、本学)ではこれに対応して、2010年度より前後期各1回ずつ計2回の学生に対するアンケートによる授業評価と年1回の全教員に対するFD研修会を行ってきた。前者を「学生による授業評価アンケート」と称している。

アンケート結果は、授業ごとに集計分析して、全対象授業の結果を学内(学生、教職員)に開示している。しかし、他の授業との相対的評価は、各アンケート項目の全学・学部平均点と個々の教員が担当した授業の評価点の比較程度しか示されず、教員各自の担当した授業がどの位置にいるのかはあまり明確ではない。また、アンケートの際に寄せられる学生からのコメントは、個人情報からの観点などから、担当教員にのみ提示され、他の教員の参考に供されることはない。

筆者は、2016年度、2017年度とFD委員会の委員長を務め、詳細な「学生による授業評価アンケート」のデータに接することができた。そこで、2017年度前期の「学生による授業評価アンケート」結果を分析対象として、「学生による授業評価アンケート」結果の全体的傾向、学生のコメントの傾向を統計的分析により示し、今後の本学のFD活動及び授業改

善の一助とすることとした。

2. 新潟国際情報大学の「学生による授業評価」

2.1 経緯

本学では2004年度から「学生による授業評価」を開始した（それ以前から前駆的な評価活動が行われていた）[1]。当初はアンケートを紙ベースで実施したが、2010年にFD（Faculty Development）委員会の発足に伴って、電子化し、アンケートをWebページに掲載し、PCや携帯電話（当時はいわゆるガラケー（Feature Phone）主体）を利用して学生がアンケートに回答する方式に変更した。当時、必ずしも全学生が携帯電話を所有しているとは限らず、PCから回答する学生もいたため、アンケートの回答は、基本的には授業外で行うようにした。この方法のメリットは次の点にある。

- ① アンケートの作成・配布が容易である
- ② アンケートの集計が容易である
- ③ アンケート回答時の心理的秘匿性が確保しやすい（学生が他人[他の学生や担当の教員]に知られることなく回答できる）

しかし、この方法ではアンケート回答への強制性が薄く、回答し忘れる学生もいたため、回収率は必ずしも満足のいくものではなかった。

そこで、アンケートの回収率を向上させるため、2013年度からアンケートを紙ベースに変更し、アンケートの回答を授業中に実施する方式に変更した。アンケートに対する教員の介入を極力回避する（及び学生にそのように印象付ける）ために、アンケートの回収はアンケートを記入した学生の代表者（複数の場合もある）が実施し封入することを基本とした。

さらに、2017年度からはアンケートの質問項目に○印を付ける質問・回答一体化方式から、質問と回答を切り離し、回答をマークシートにマークする方式に変更した。これにより集計処理の効率化、回答の分析の容易化を図った。

2.2 2017年度前期の「学生による授業評価」の概要

2.2.1 「学生による授業評価アンケート」実施方法の概要

図2.1に本学の「学生による授業評価アンケート」の実施方法の概要を示す。

図からもわかるように、アンケートは実施から公開まで約1ヶ月を要する。準備期間を入れるとさらに1ヶ月増えて全体で約2か月

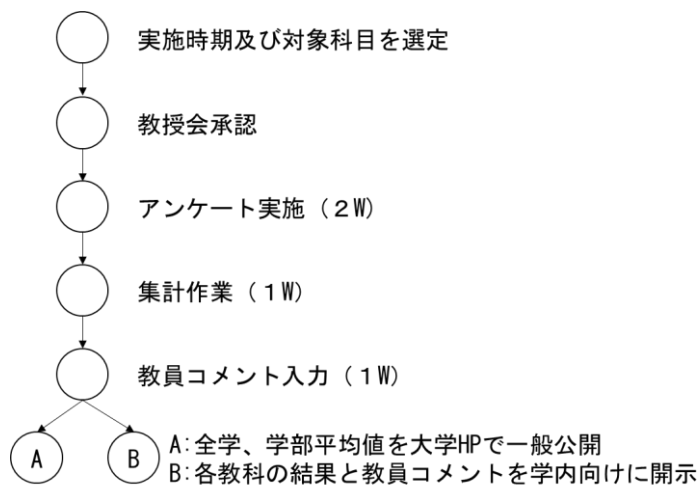


図 2.1 新潟国際情報大学の「学生による授業評価アンケート」実施手順

程度を要する。

アンケートの実施時期は概ね授業の 10～11 回目を実施し、教員のコメント入力 は 13 回あるいは 14 回目でおこなっている。これは次の理由による。

- ① 授業の最終回とその前の回で実施すると、定期試験や夏（春）休みに入り、教員コメントの投入率が低下すること
- ② 授業の評価とするために授業のかなりの部分が終了している時期であること
- ③ 後半の授業に役立つのではないかとの観点から授業途中で点でのアンケート実施も試みたが、複数教員による授業では授業の全体評価にならないというデメリットの方が大きいことが判明したこと

評価結果の公開は次の 2 つの方法をとっている。

A：全学と各学部の各質問項目の平均値のみを一般公開 [2]

B：各教科の結果と教員コメントを学内にのみ開示

2016 年度までは、一般公開も学内開示も同じ B 方式であったが、評価結果は教員の個人情報でもあるとの判断から、現在は上記の A、B の 2 方式としている。

2. 2. 2 本学が使用しているアンケート項目

表 2.1 に本学が「学生による授業評価」に用いている質問項目を示す。

質問の項番 1 と 2 はシラバスの記述法及びシラバスとの関連を問うものであり、質問 3 から 9 は授業の進め方に関する質問である。各項目は 1～5 の 5 段階で評価させる。

表 2.1 「学生による授業評価アンケート」の質問項目

質問番号	質問
1	講義概要（シラバス）の授業テーマや目的はわかりやすく書かれていましたか
2	講義概要と授業の内容は合っていましたか
3	授業の中で授業のテーマや目的が説明されましたか
4	授業は内容がよく整理されて説明されていましたか
5	教員は授業の内容が理解できるように考えながら話をしていたと思いますか（説明の速さ、声の大きさ、明瞭さなど）
6	授業で使用されたテキストや教材、パワーポイント、DVD 等の資料や黒板、白板などの板書は見やすく作成あるいは記述されていましたか
7	質問やレポートなどに対して教員は丁寧に対応しましたか
8	私語や遅刻、早退に対する教員の対処は納得のいくものでしたか
9	教員は授業に熱心に取り組んでいたと思いますか
10	この授業を 5 点満点で評価してください（最も良い 5 点、最も悪い 1 点）

質問 10 は授業の総合的な観点からの授業評価を問うものであり、授業全体を 1～5 の 5 段階で評価させる。

本学のアンケートの質問項目に殊更に特徴的なものはないが、事前に学生に授業の目的や内容を知らせるシラバスの適切さ (1、2)、授業の進め方や取り組みの良否 (3~9)、授業の総合的な評価を問う (10) 内容であり、学生に授業の評価をさせるために過不足のない項目である。

2. 3 2017年度前期の「学生による授業評価アンケート」の概要

本節では、2017年度前期の「学生による授業評価アンケート」の結果を概説する。

授業評価に用いる質問は前節で述べたように10項目あるが、それぞれの質問の分析結果を述べるには紙面が限られているため、本論文では、学生が授業全体を評価していると期待される質問10に対しての分析のみを述べる。他の質問項目の分析については、続く論文に委ねることとしたい。

2. 3. 1 質問10の全体的な傾向

図2.2に、区間の幅を0.25としたときの全学、国際学部、情報文化学部の授業評価の評価点のヒストグラムを示す。

標本数は、全学210、国際学部109、情報文化学部101である。国際学部と情報文化学部の標本数はほぼ同数であるので、図2.2の分布の形の違いは、それぞれの学部の特性を表していると考えられる。

図2.2から、次のことが言える。

①国際学部は、4.5点以上の高評価の授業が多い反面、低評価の授業も多くはないが存在している (い

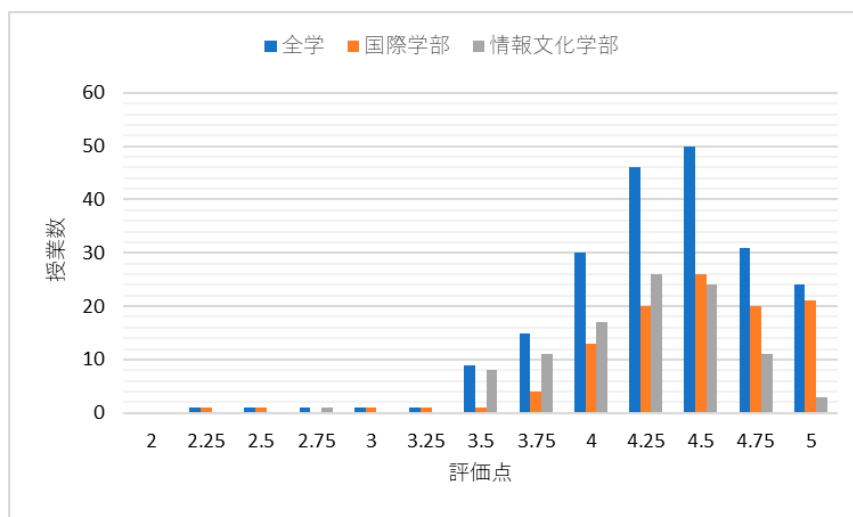


図 2.2 評価点の分布

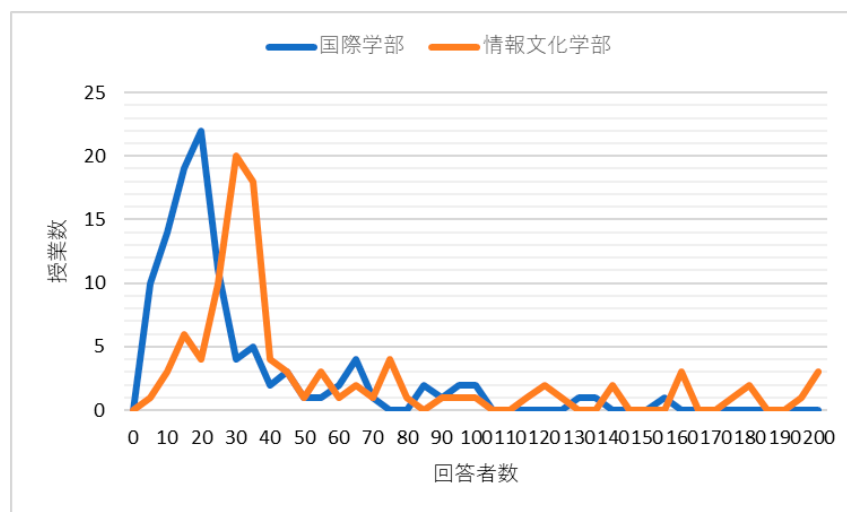


図 2.3 授業ごとのアンケート回答者数の分布

わば Long Tail である)。

②情報文化学部は、4.5 超～5 点以下の評価の授業はそれほど多くない（5 点の授業は 0 件。国際学部は 8 件）が、4～4.5 点の付近に集中している。また、低評価の授業は 1 件である。

図 2.3 は区間幅を 5 としたときの国際学部と情報文化学部の回答者数（ほぼアンケート実施時に授業を受けていた学生数）のヒストグラムを示したものである。横軸は回答者数、縦軸は授業数を表している。また、見やすさのためヒストグラムを折れ線グラフで表している。

図 2.3 から国際学部の方が回答者数が少ない授業が多いことがわかる。次節で述べることと考え合わせると、この分布の違いが、図 2.2 の評価点の分布の違いを説明しているものと考えられる。

2. 3. 2 回答者数と評価点の関係

図 2.4 は、縦軸に評点を横軸に回答者数をとった散布図である。ひし形の点が各回答を示し、四角の点及び直線は回帰分析から得られる予測値である。このグラフから、回答者数が多くなると評価点が下がる傾向が見られる（決定係数 0.12、相関係数 0.35）。図 2.5 は回答者数 50 人以下の授業に対する同様な散布図である。この場合でも回答者数が多くなると評価点が低下する傾向が見られる（決定係数 0.097、相関係数 0.31）。

さらに、表 2.2 は回答者数を 50 人以下、50 人超 100 人以下、100 人超に層別化してそれぞれの層の評価点の平均値等を示したものである。表から明らかのように、ここでも回答者数が大きくなる（授業の履修収容人数が大きくなる）と評価点が下がる傾向がある。

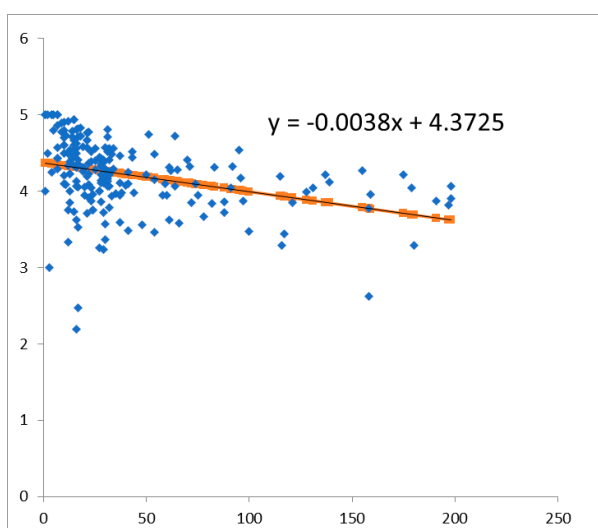


図 2.4 回答者数と評価点（全体）

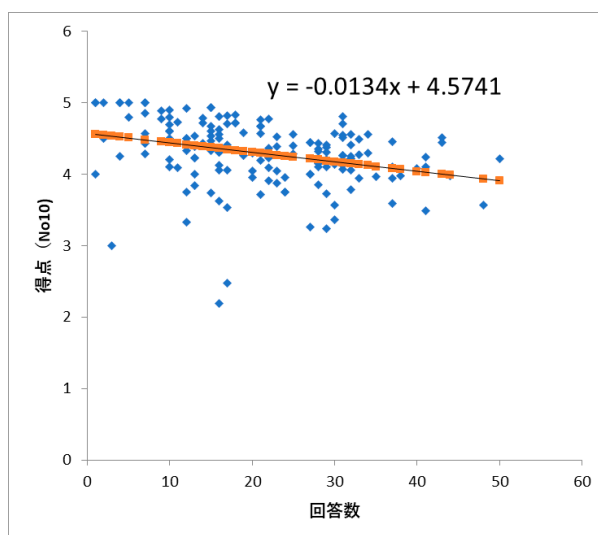


図 2.5 回答者数と評価点（回答者数 50 人以下）

表 2.2 層別回答者数の平均評価点

	50人以下	50～100人	100人超
クラス数	161	30	19
平均	4.29	4.07	3.84
メジアン	4.32	4.08	3.96
標準偏差	0.46	0.34	0.40
最大	5.00	4.75	4.26
最小	2.19	3.46	2.63

興味深いことは、高評価が期待される回答者数 50 人以下の層に全体の最低点の評価をされた授業が含まれていることである。この授業の回答の分布を示したものが、図 2.6 である。

一方、図 2.7 は 100 超の回答者の授業の最低点となった授業の回答者分布である。

アンケートの一般的傾向として、回答者は中間値を付ける傾向があるといわれている。図 2.6 の授業の回答者数は 16 人であるが、中間の 3 点を付けた回答者が 6 名いる。最高点 5 を付けた回答者も 1 名いる。しかし、2 点以下の低い点数を付けた回答者が 9 名おり、評価点の平均を引き下げている。

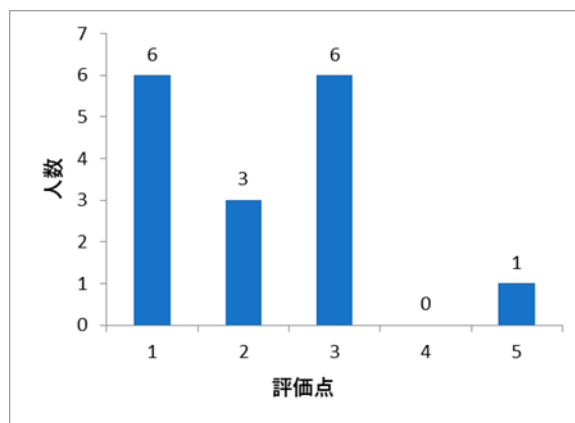


図 2.6 最低評価点の授業の回答分布

他方、図 2.7 の回答者数は 158 名で、中間点超の 4 以上を付けた回答者は 34 名、2 以下を付けたものは 73 名である。高い評価を付ける学生がかなりいるため、評価が中間値 3 を大きく割り込むことがなかった。

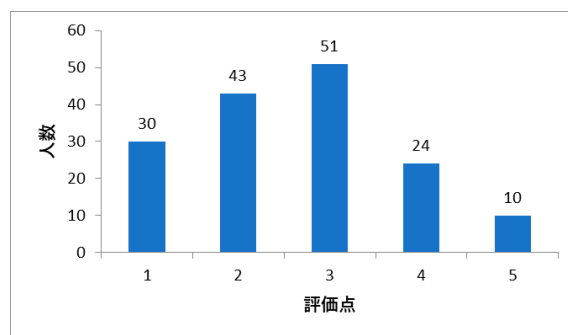


図 2.7 回答者が多数の場合の低評価授業の回答者分布

このように回答者数の少ない授業では平均的な評価点が極端な点に左右される（良くも悪くも）ことが多いと考えられる。一方、大人数の授業では、低い評価は中間の評価、良い評価に相殺されて、結果的にあまり極端に低い点数になりにくいのであろうと推測される。

3. 「学生による授業評価アンケート」の自由記述欄に記載された事項の分析

3. 1 分析の動機

授業評価に際して学生から寄せられるコメントは、担当の教員にのみ渡し、担当する授業の改善につなげてもらう。ただし、次の観点から、学生、担当以外の教員を含め、開示・公開はしていない。

- ① 授業に否定的なコメントの中には公開をはばかれるような内容のものもある^{※1}
- ② ある意味担当教員の個人情報でもある。

※1 例えば、「意味のない授業。時間の無駄」、「今まで受けた授業で最悪の授業」等。

しかし、コメントの情報を当該授業の担当教員以外に知らせないことは、次のような問題を残すことでもある。

- (ア) 自己の授業のコメント数が多いのか少ないのか、平均的なのがわからない
(イ) 受け取ったコメントは他の教科と比べてどのようなものなのか(いいのか、悪いのか、他と比べてひどいのか/良いのか、等) がわからない

また、授業改善の一環であるため、大学(組織)としてコメントを整理しておく必要もある。

コメント、あるいはコメントに関する情報を教員間で共有する方法には次のようなものがある。

- A) すべてのコメントを、そのままの状態(手を加えない)で共有する
- B) 授業名や担当教員名がわかるような記述を削除してすべてのコメントを共有する。
- C) コメントに対して何らかの処理を行い、統計的なデータとして共有する

上記の A は、本節の最初に述べた①、②の理由から採用できない。また、B の方法では、多くのコメント(2017年度前期でコメント総数は 623 である)をそのまま共有しても、a) 多くの類似コメントがある、b) 多すぎて目を通すのが億劫であるなど、あまり有効とは考えられない。また、個人情報の削除にはかなりの工数を要する。さらに、削除作業に誤りがないとは言えず、個人情報が漏洩する可能性も否定できない。

そこで、C の統計的なデータを共有することが最も妥当であると判断し、次の節で述べるように学生のコメントを統計処理し、本学のみならず同様な「学生による授業評価」を実施している大学に対する情報となることも考え、本論文で結果を述べることにした。

3. 2 統計的処理をするための前処理

前述したように、筆者は、2016年度、2017年度のFD委員として、「学生による授業評価」の全プロセスにかかわることができた。このため、学生から寄せられたすべてのコメントに目を通すことが可能であった。

これらのコメントを以下の基準で3種類に分類した。

- ① 授業に批判的なコメント
- ② 授業に好意的なコメント
- ③ 要望など中間的なコメント

それぞれの例を以下に示す。

- ①: 「話を聞くだけの授業なのでとても分かりづらい」
- ②: 「いつも丁寧に教えてくださり、ありがとうございます」
- ③: 「テスト対策は何をしたらよいですか」

なお、「特になし」と記載されているコメントは、一応コメントを提示する意思があるとみて、③の中間的なコメントに分類した。

また、1件のコメントに批判的と好意的の両方のコメントが含まれる場合、それを割合で案分した。例えば、「レジュメの補足説明など、いつもわかりやすいが、出席を取る時間が無駄すぎる」は、好意的 0.5、批判的 0.5 と処理した。

分類は多分に主観的であるとも言えるが、筆者が「学生による授業評価」以外で授業中に実施するコメント収集などの経験に基づいて分類しており、大きな誤りはないと考える。

すべてのコメントを以上の基準に従って分類し、様々な観点から分析を試みた。これを次節以降に示す。

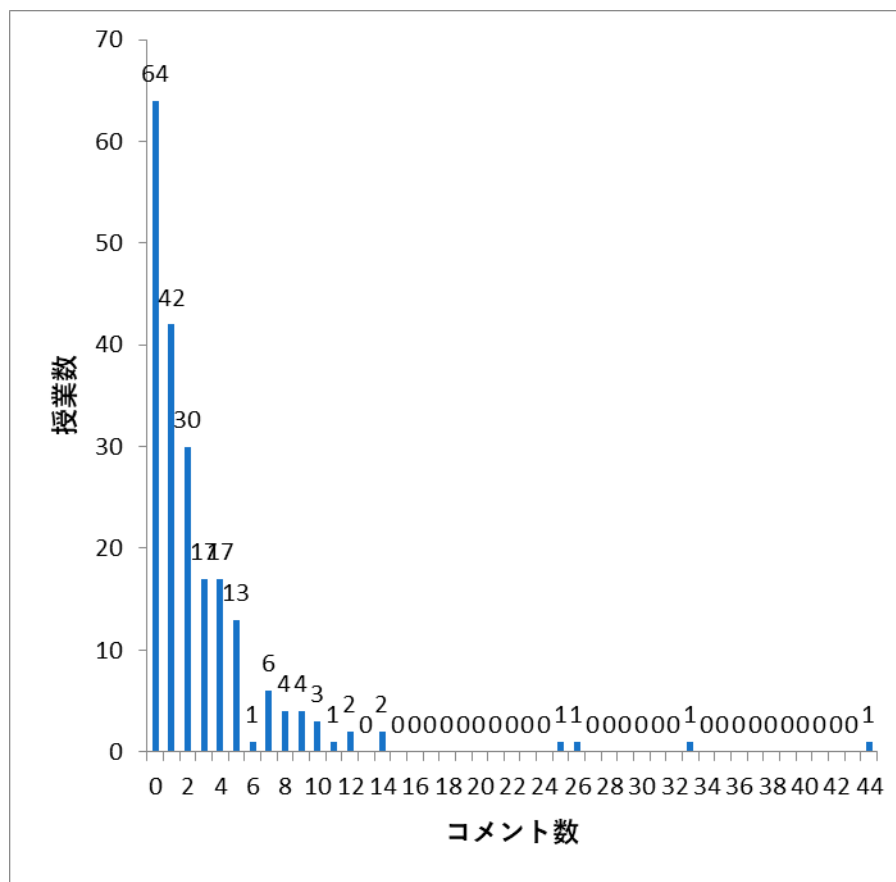


図 3.1 授業当たりの学生コメント数の分布

3. 3 分析結果

3. 3. 1 コメント数

今回の「学生による授業評価」(2017 年度前期)では、総数 623 件の授業に対するコメントが寄せられた。各種統計量を表 3.1 に、また、分布を図 3.1 に示す。1 授業でのコメント数の最大は 44 件であり、ついで 33 件が続く。最も多い授業はコメント数 0 件の授業であり、64 授業ある。また、コメントのある授業では、1~5 件のコメントが寄せられる授業が多数を占めることがわかる (コメント総数 623 のうち 1~5 件のコメントの合計は、286 件であり、これは、コメント総数の 46%にあ

表 3.1 学生コメントの統計量

項目	数値
対象授業数	210
有コメント授業数	146
コメント総数	623
平均 (全授業)	2.97
平均 (コメントのある授業)	4.27
メディアン (全授業)	1
標準偏差 (全授業)	5.07
最大	44
最小	0

たる)。さらに、210 の対象授業に対して 146 授業でコメントが寄せられている。これは評価対象授業の約 7 割に相当する (逆に、コメントが寄せられない授業は 64 授業であり、評価対象授業の 3 割である)。このことから、学生は評価に協力的である、あるいは、授業内容に思いがあり、コメントを寄せたいと思っていることが推定される。ただし、コメントを

寄せている学生が同一人で、一人で多くのコメントを寄せている可能性も否定できないが、今回のデータでは、これを識別することはできない（無記名であるため）。

3. 1. 2 好意的、批判的、中間的コメントの分布

図 3.2 は、授業に好意的なコメント、批判的なコメント、及び中間的なコメントのコメント数のヒストグラムを限られた紙面で傾向が見やすいように折れ線グラフで表示したものである。横軸はコメント数、縦軸は授業数である。

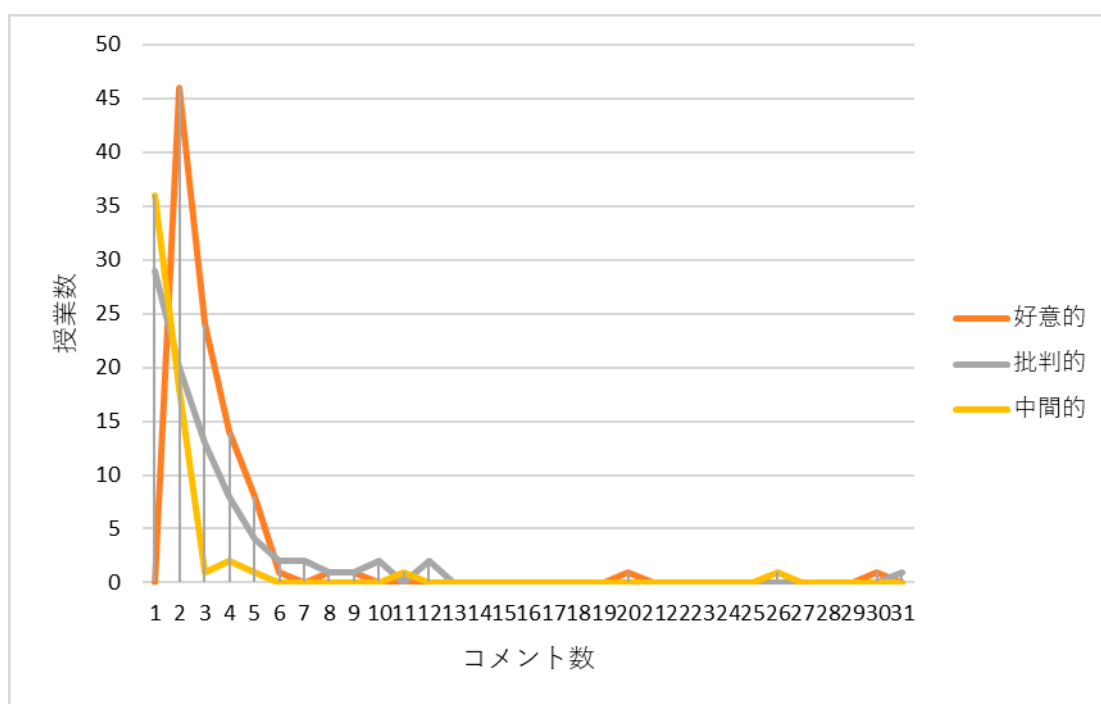


図 3.2 折れ線グラフ化した好意的、批判的及び中間的コメントのヒストグラム

また、表 3.2 は授業に好意的なコメント、批判的なコメント、及び中間的なコメントの基本的な統計量を表している。なお、好意的と批判的の何れか 1 種類のコメントしかない授業は 82 ある。

授業数でみると好意的なコメントが寄せられている授業が批判的なコメントを寄せられている授業より多い(97 授業対 85 授業)。しかし、コメント数（総数）、授業当たりのコメント数（平均）でみると批判的コメントが好意的コメントを上回っている。（好意的コメントと批判的コメントのそれぞれの値は、228 件と 2.35 対 270 件と 3.18 である）。これは、自己の短所と長所を挙げさせると、短所が多く上がるということがよく観察されるが、これと類似しているこ

表 3.2 コメント種類別統計量

	好意的	批判的	中間的
授業数	97	85	60
総数	228	270	125
平均	2.35	3.18	2.08
メディアン	1.5	2	1
最大	29	31	26
最小	0.33	0.5	1
標準偏差	3.48	3.91	3.44

とかもしれない。すなわち、否定的(批判的)にとらえている授業には多くの不備である(と考えている)事項が指摘され、好意的にとらえている授業にはそれほど多くの事項が指摘されないのではないかと推察する。また、好意的コメント数の最大値は、29件であり、批判的コメントの最大値の31件を若干であるが下回っている。差の有意性について統計的裏付けはとっていないが、この点も先ほどの推察を支持しているのではないだろうか。

また、好意的コメントと批判的コメントが同時に寄せられている授業は50授業あり、少なくとも何れか一方のコメントが寄せられている授業は、132授業(97+85-50)であった。前者の全評価対象授業に対する割合は約24%である。このデータは同一の授業に対して正反対の意見が出るのが少なからずあるということを示していると考えられる。この現象は授業ではよく経験することで、筆者の場合、授業アンケートをとると「進み方が早い」と「進み方が遅い」という正反対のコメントが寄せられることが稀ではない。授業の難しさを表していると考えられる。

批判的&好意的コメント50授業

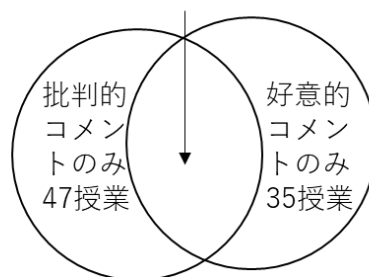


図 3.3 コメント種別による授業数

3. 1. 3 コメントと評価点の関係

本節では、回帰分析を通して、コメント(好意的と批判的の両者)数と評価点、好意的コメント数と評価点、及び批判的コメントと評価点の関連を見る。

(1) コメントと評価点

図 3.4 はコメント数と評価点の関連を示した散布図と回帰分析によって得られた近似式を示している。予測値や近似直線を描くと、一見コメント数と評価点の間には関係がありそうであるが、決定係数 0.085 (相関係数 0.29) であり、強い相関があるとは言えない。

(2) 好意的コメント数と評価点

図 3.5 は好意的コメント数と評価点の関連を示した散布図と

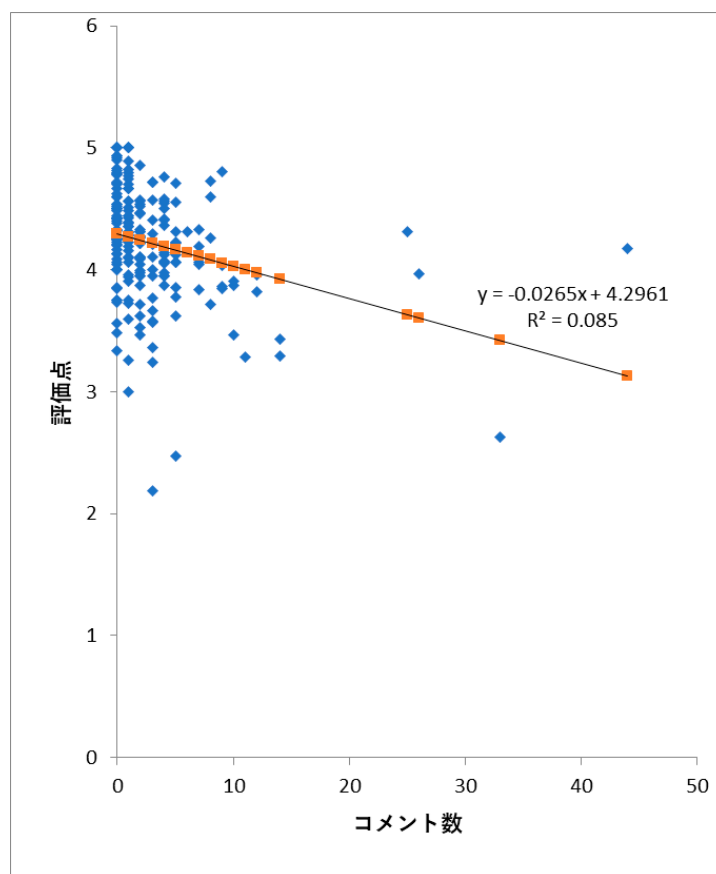


図 3.4 コメント数と評価点

回帰分析によって得られた近似式を示している。

この場合は、決定係数 0.003（相関係数 0.059）であり、相関はないといってよい。

これは面白い現象だと考える。学生は自分が好ましいと考えている授業は、よほど思い入れがない限り※2、多くの学生はあまりコメントを寄せない。「期待通りの授業です」と一言コメントすればいい、あるいは高い点を付けただけで十分に好ましいと思っていると伝えられると考えているのであろうか。それを裏付けるようなコメントとして、「評価 4.5 です」と書いてあるものがあつた。

※2 好意的コメント数最多の授業のコメントには、担当教員への極めて強い親近感が見て取れる。

(3) 図 3.6 は批判的コメントの数と評価点の関連を示した散布図と回帰分析によって得られた近似式を示している。

この場合、上の 2 つと異なり批判的コメント数と評価点の間には比較的強い相関関係がみられる。ここでの決定数は 0.24 (相関係数 0.49) である。この分析結果は、コメント数最多の授業の授業データが大きく寄与していると言えなくもないが、好ましくないと考えられる授業に対しては、「色々言いたい」ということであろうか。

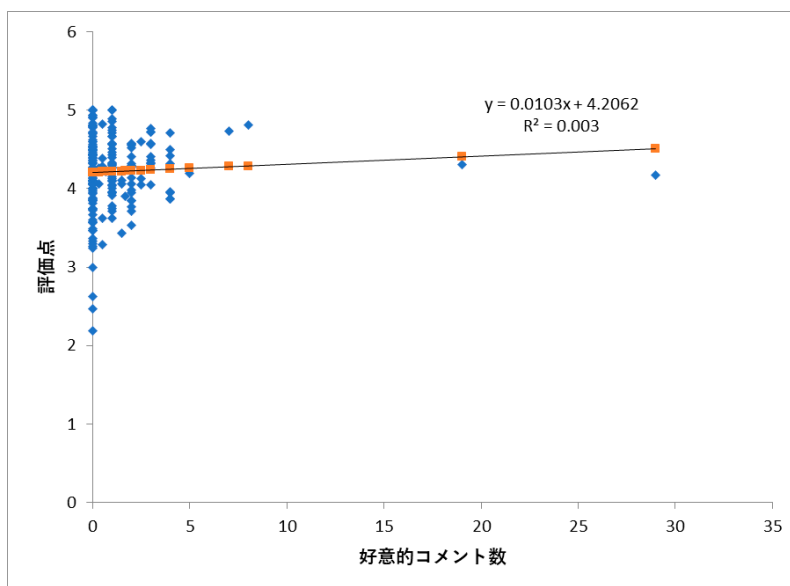


図 3.5 好意的コメント数と評価点の関係

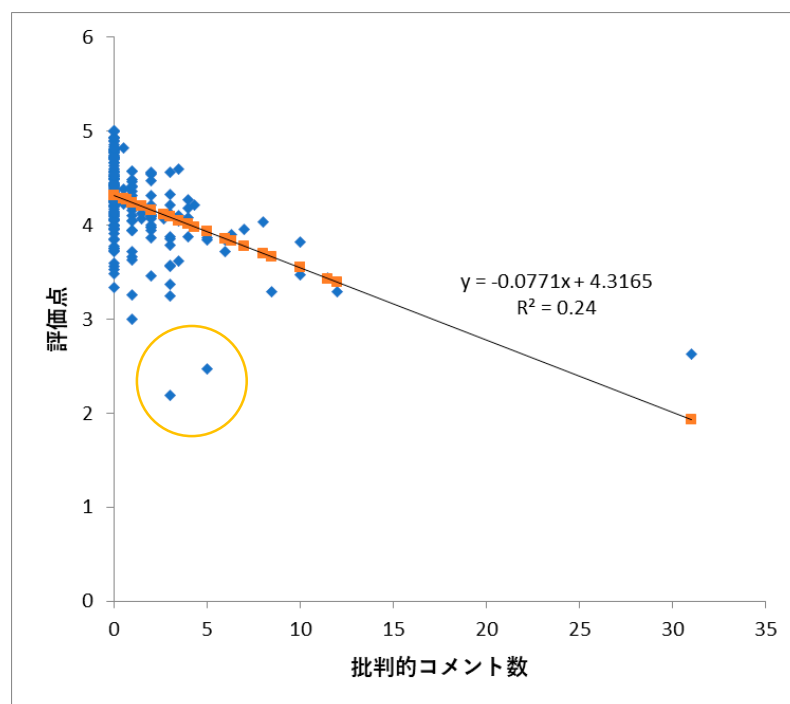


図 3.6 批判的コメント数と評価点の関係

図 3.6 の左下の丸印で括った部分は、外れ値的になっているが、この 2 つの授業は履修者数が 20 以下であるため、多人数の授業であれば占めると予想される位置ではなく、図の場所に位置していると考えられる。

(4) 図 3.7 は、1 つの授業に与えられた好意的コメントの数と批判的なコメントの数の関係を表したものである。

この 2 つの間の関係は、回帰分析の結果決定係数が 0.0002 (相関係数 0.0157) であり、無関係とって構わないと考える。すなわち、1 つの授業に好意派と批判派がそれぞれ同数程度いるのではなく、批判的なコメントが多い授業は、授業に批判的な学生が多数を占め、好意的なコメントが多い授業では、授業に好意的な学生が多数を占めるということを示しているのではないかと考える。すなわち、学生が好印象を持つ授業と悪印象を持つ授業ではかなり明確な特性の違いがあるといえるだろう。

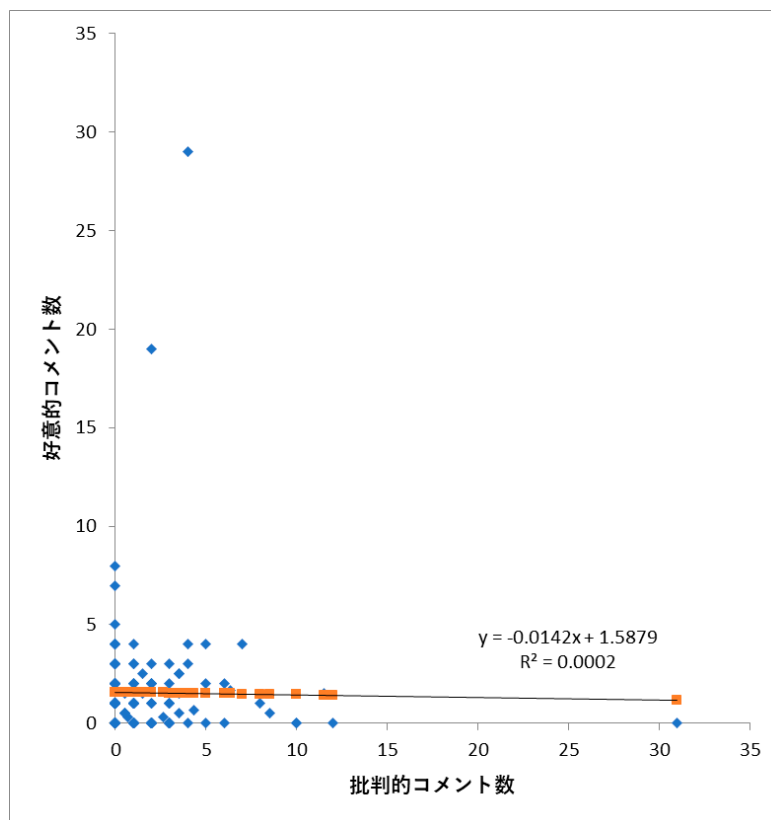


図 3.7 1 授業内の好意的コメントと批判的コメントの関係

4. おわりに

以上、本学の 2017 年度前期「学生による授業評価」アンケートを分析対象として、「学生による授業評価」の結果の全体的傾向、今まであまり触れられることがなかった、「学生による授業評価」アンケートに際して寄せられる学生のコメントの傾向を示した。この結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 今までなんとなくそうであろうといわれていた、アンケートの回答数が増えるほど、評価点の平均は低下することを統計的に示した。
- (2) 対象授業 210 に対して、学生コメントは 623 にも及ぶ。
- (3) 学生コメントを好意的、批判的、中間的に分類すると、好意的コメントが寄せられる授業と批判的コメントが寄せられる授業の数は大きくは変わらないが、コメント数は批判的コメントが多い。

(4) 批判的コメントはコメント数が多くなると評価点が低下する傾向がある。

また、次のような問題点も浮き彫りになったと考える。①同じ質問で少人数クラスと多人数クラスを評価してよいのか、②異なる質問で評価する場合にはどのようにしてすべての授業を横並びに評価するのか。

本論文では、総合評価のアンケート項目の評価点を代表値して扱い、種々のデータの間を調べてきたが、他のアンケート項目に対する評価点との関係は見えていない。これは今後の課題である。また、授業内（例えば文系科目、理数系科目等）と評価点やコメントとの関係も触れることができなかった。今後分析を試みたい。

参考文献

- [1] 山下功, 授業評価アンケートシステムの費用対効果: 新潟国際情報大学における導入事例, 新潟国際情報大学紀要, 2011.
- [2] 新潟国際情報大学, “学生による授業評価アンケート,” [オンライン]. Available: http://www.nuis.ac.jp/pub/survey_2017kouki.html.

Mathematical Model of Plant Leaf Area Growth

Kenji Shirai¹ Yoshinori Amano²

Abstract

In this paper, we introduce a mathematical model of plant growth, from the seedling to shipping of the adult plant. Our model has three parts. The first analyzes plant growth, the second models the fertilizer supply system, and the third identifies an optimal control strategy by matching the control system to the growth density. The mathematical model was defined using bilinear partial differential equations, but these were replaced by a strictly linear model.

Keyword: plant leaf, bilinear partial differential equations, strict linear model, optimal control

1 Introduction

Previous studies have attempted to develop a mathematical model of plant leaf growth[1, 2]. In particular, attention has focused on the relationship between growth and light intensity. In the field of physiological ecology, “growth analysis” involves several different measures, including the relative growth rate (RGR) and leaf area ratio (LAR). In a series of classical studies, Blackman et al. investigated the relationship between light intensity and plant growth and established relationships between the net assimilation rate (NAR), LAR, and RGR, and light intensity[3]. The essence of growth analysis is to understand the factors that produce differences in growth rates. Many factors cause the differences and identifying the exact factor that has caused the difference in each individual case is challenging. Factors such as photosynthesis and respiration are often analyzed, but these may not necessarily be the main causes of the differences. Bottom-up approaches examine each factor, one at a time, to clarify the role each plays in the growth rate. Growth analysis, in contrast, is a top-down method in which the growth rate is factorized. Growth rate analysis is rather a mathematical problem, but it is also an easy-to-understand theoretical framework that intuitively understands how plants grow.

In this paper, we report our mathematical modeling of the growth process, from seedling to shipping. Our proposed model has three parts. The first models the growth period (model 1), the second models the fertilizer supply system (model 2), and the third yields an optimal control strategy, in which the growth density is replaced by a control system. When plants are cultivated under LED lamps, the optimal input control uses a bang-bang-type feedback control in each time period. By controlling the optical power during the growth stage in the growth cycle, the harvest can be maximized. A rigorous linearization model is needed in such growth models.

2 Physical model of plant growth

2.1 Leaf growth

Figure 1 shows the processes by which plants absorb nutrients and trap energy from sunlight. Figure 2 shows the growth process from seedling to shipping. The labels 1, 2, and 3 denote the inputs at seeding, the seedling growth period, and shipping of growing plants, respectively.

Kleiber’s law describes the growth of animals and plants based on the observation that there is a scaling relationship between the size of a body or organ and its structure or function[5]:

$$E = k \cdot M^b \quad (2.1)$$

where, k denotes a proportionality constant and b denotes a small plants as $b = 1$, a large plant as $b = 3/4$.

¹Information and Culture Faculty

²Kyohnan Elecs co.,LTD

This relationship has been established for single-celled organisms, thermo-controlled animals, and homeothermic animals, with the only difference being the value of the proportionality constant k . Clearly, it also applies to the human metabolism. In the case of photosynthesizing plants, the relationship between mass, unit density, and leaf area is given as follows:

$$\rho \times V_s = M_s \quad (2.2)$$

$$\rho \simeq M_s (\equiv F) \quad (2.3)$$

where, ρ , V_s , M_s and F denote a unit density, volume, a mass and a leaf area respectively, that is, the dynamic model of plant unit density is as follows.

$$\frac{\partial \rho(t,x)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(v(t,x)\rho(t,x)) = \sigma(t,x) \quad (2.4)$$

where, $\sigma(t,x)$ denotes a mass increase rate.

Equations (2.2) - (2.4) denote a physical model of plant growth. Therefore, we try to replace this model with an engineering model.

2.2 Engineering model of plant growth

Figure 1 shows that the plant maintains physical equilibrium by absorbing nutrients and growing. We define the equilibrium of the potential is as follows:

Definition 2.1 *Equilibrium of the potential*

$$k'[\phi_{N_u} - \phi_{W_a}] = P_\sigma \quad (2.5)$$

where, ϕ_{W_a} , ϕ_{N_u} , P_σ and k' denote a transpiration potential, a nutrient absorption potential, a growth potential and a growth coefficient respectively. ϕ_{W_a} , ϕ_{N_u} and P_σ are derived as follows[2]:

$$\phi_{W_a} = - \int_{\infty}^{x_b} f(t,x,a) dx \quad (2.6)$$

$$\phi_{N_u} = \int_{\infty}^{x_a} K_{com}(t,x) dx \quad (2.7)$$

$$P_\sigma = k'[\phi_{N_u} - \phi_{W_a}] \quad (2.8)$$

where, $f(t,x,a)$ and $K_{com}(t,x)$ denote a growth function and an energy absorption function respectively.

$\xi(t,x)$ and $\theta_b(t,x)$ denotes the energy release and nutrient absorption respectively in Figure 5. The energy release between Δx is derived as follows:

$$\Delta Q = C_f \times P_f \times S_f \Delta \xi \Delta x \quad (2.9)$$

Nutrient absorption between Δx is derived as follows:

$$\Delta Q = K_p \cdot P_f \cdot P_s (\theta_b(t,x) - \xi(t,x)) \Delta t \quad (2.10)$$

From Equations (2.9) and (2.10), let $\Delta t \rightarrow 0$, then we obtain as follows:

$$C_f \times P_f \times S_f \frac{d\xi}{dt} = \frac{\alpha A}{L} K_p \cdot P_f \cdot P_s (\theta_b - \xi) \quad (2.11)$$

where, α , A and L denote a fertilizer efficiency conversion coefficient, an effective reaction area between fertilizer stirring tank and growing machine and a length of cultivator respectively. Therefore, we obtain as follows[8]:

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + v \frac{\partial \xi}{\partial x} = \frac{d\xi}{dt} = \frac{K_p P_s \alpha A}{C_f \cdot S_f \cdot L} (\theta_b(t,x) - \xi(t,x)) \quad (2.12)$$

We obtain the following equation by modifying Equation (2.12):

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + v \frac{\partial \xi}{\partial x} = \frac{P(t)\alpha A}{L} (\theta_b(t, x) - \xi(t, x)) \equiv W(t) (\theta_b(t, x) - \xi(t, x)) \quad (2.13)$$

where, $P(t)$ is replaced as follows:

$$P(t) \cong \frac{K_p \cdot P_f \cdot P_s}{C_f \cdot S_f} \quad (2.14)$$

$$W(t) \equiv \frac{P(t)\alpha A}{L} \quad (2.15)$$

where, K_p , P_f , P_s , S_f and C_f denote an energy conversion coefficient, LED power density, a radiation area, a nutrient supply coefficient and a transmission efficiency respectively.

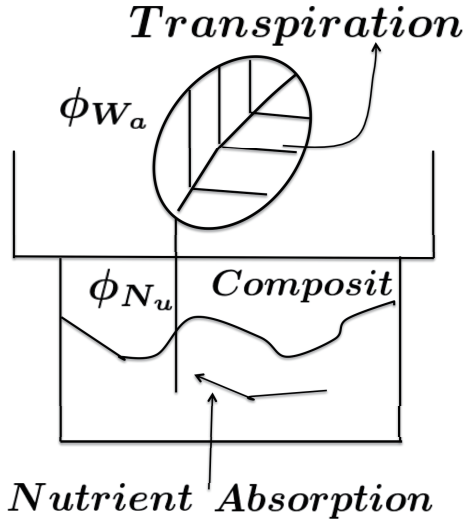


Figure 1: Leaf growth

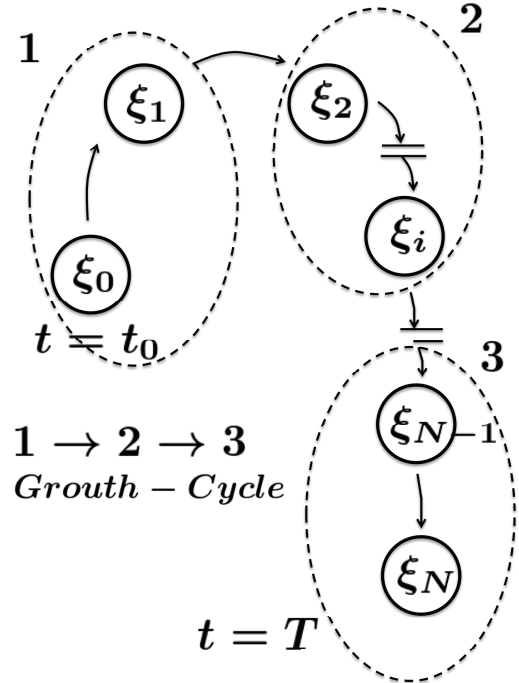


Figure 2: Growth process from seedling to shipping

3 Leaf growth period model of plant

Leaf growth period model of plant is derived as follows:

$$\frac{\partial \xi(t, \tau)}{\partial t} + \rho(t) \frac{\partial \xi(t, \tau)}{\partial \tau} - D \frac{\partial^2 \xi(t, \tau)}{\partial \tau^2} = W(t) \{ K_{com}(t) - k_v(t) \xi(t, \tau) \} \quad (3.1)$$

where, $t \in (0, T)$, $\tau \in (0, L)$, $K_{com}(t) - k_v(t) \xi(t, \tau)$ denotes the exchange with fertilizer and $W(t)$ denotes the power by optical input.

$$\xi(t, 0) = \xi^0(t) \quad (3.2)$$

$$\xi(0, \tau) = \xi_v(\tau) \quad (3.3)$$

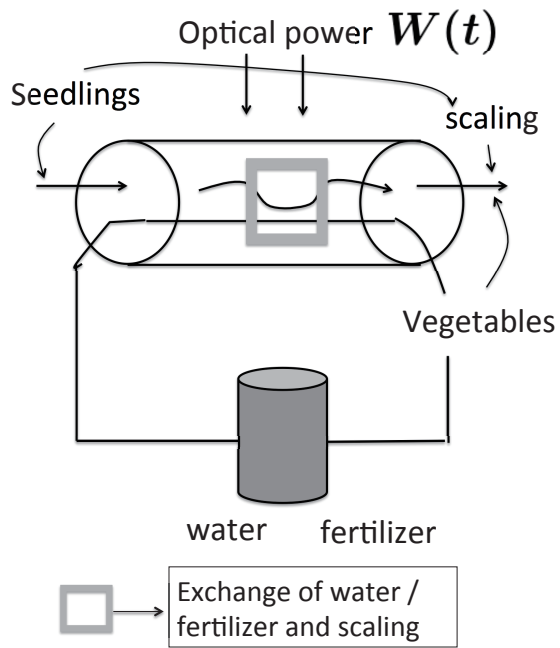


Figure 3: Growth period model

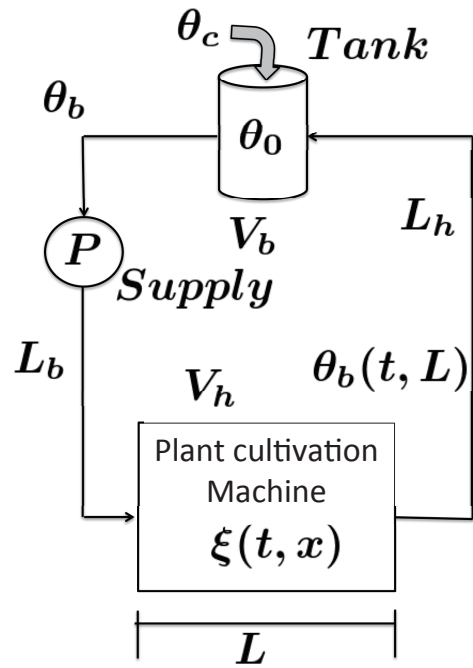


Figure 4: Plant cultivation model

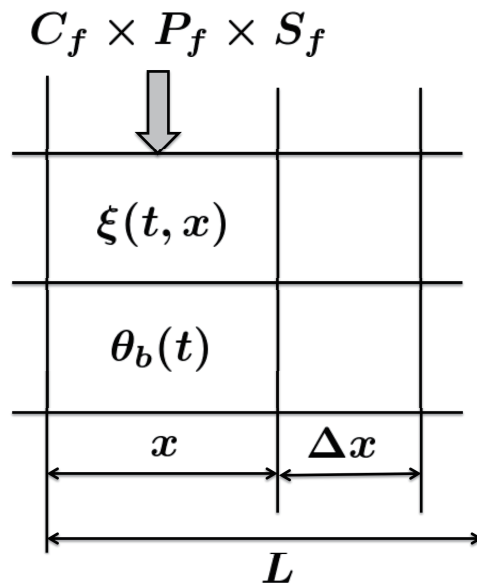


Figure 5: Energy release and nutrient absorption

Table 1: Physical meaning of each symbol

P	Supply of water and fertilizer
θ_0	Internal retention amount
θ_b	Supply amount of cultivator
θ_ξ	Return amount of cultivator
L_h	Pipe length
V_b	Tank capacity
V_h	Cultivation capacity
S	Piping cross section
q	Quantity of flow
c	Viscosity in piping
$\xi(t, x)$	Plant cultivation machine

where, Equations (3.2) and (3.3) denote the initial input (boundary condition) and the initial distribution (initial condition) respectively.

The relative growth rate (RGR) between times t_1 and t_2 , the net assimilation rate (NAR: net assimilation rate) and leaf area ratio (LAR: leaf area ratio) can be derived as follows[3]:

$$RGR = \frac{1}{w} \cdot \frac{dw}{dt} \approx \frac{\ln w_2 - \ln w_1}{t_1 - t_2} \quad (3.4)$$

$$NAR = \frac{1}{u} \cdot \frac{dw}{dt} \approx \frac{\ln u_2 - \ln u_1}{u_1 - u_2} \quad (3.5)$$

$$LAR = \frac{u}{w} \approx \frac{\ln w_2 - \ln w_1}{w_2 - w_1} \quad (3.6)$$

Here w_1 and u_1 are the average individual weights at times t_1 and w_2 , respectively, and u_2 is the average leaf area at time t_2 . When calculating the NAR using Equation (3.5), the increase in leaf area (u) is not proportional to the weight (w) in the period from t_1 to t_2 , and this produces a large error [4]. The RGR is therefore derived as follows[1]:

$$\langle RGR \rangle = \frac{1}{W} \frac{dW}{dt} = \frac{d(\ln W)}{dt} [\text{week}^{-1}] \quad (3.7)$$

The Equation (3.7) is transformed as follows[2]:

$$\langle RGR \rangle = \langle NAR \rangle \cdot \langle LAR \rangle = \left[\frac{1}{A} \frac{dW}{dt} \right] \times \left[\frac{A}{W} \right] \quad (3.8)$$

where, W and A denote a solid dry weight and a leaf dry weight respectively.

In mathematical terms, the growth of plants is an affine coupling between photosynthesis and plant form. The change in weight (growth) is a nonlinear combination of the optical power (which determines the photosynthetic capacity) and nutrient absorption. The latter reflects the nutrient potential, which depends on the morphology of the plant and the transpiration potential of the leaves. This can be expressed in strictly linearized terms as follows:

$$\frac{\partial S(t, \tau)}{\partial t} = h[K_{com}(t), k_v(t), S(t, \tau)] + f(t, \tau) \quad (3.9)$$

where, $h[K_{com}(t), k_v(t), S(t, \tau)]$ and $f(t, \tau)$ denote the nutrient absorption function and a discrete input such as

$$f(t, \tau) = \sum_j \varphi_j(\tau) f_j(t) \quad (3.10)$$

In the case of plant cultivation, let $\tau \equiv x$. Then, τ can be considered as same as a spatial movement direction x . Therefore, Equation (3.9) can be replaced as follows:

$$\begin{aligned}\frac{\partial S(t,x)}{\partial t} &= h[K_{com}(t), k_v(t), S(t,x)] + f(t,x) \\ f(t,x) &= \sum_j \varphi_j(x) f_j(t)\end{aligned}\quad (3.11)$$

4 Plant cultivation model

In Figure 4, the fertilizer supply tank model can be expressed as follows:

$$(V_b + L_b S) \rho c \frac{d\theta_b}{dt} = \{-\theta_b + \theta_\xi(t, L)\} q \rho c + (\theta_0 - \theta_c) \kappa_0 v_b \rho c + P \quad (4.1)$$

We describe Equation (4.1) for simplicity as follows:

$$\begin{aligned}\frac{d\theta_b}{dt} &= h[\theta_b(t)] + k_1 m(t) \\ k_1 m(t) &\equiv (\theta_0 - \theta_c(t)) \kappa_0 v_0 \rho c' + P\end{aligned}\quad (4.2)$$

where, $t \geq 0$.

On the other hand, the plant cultivation model is derived as follows:

$$\frac{\partial \xi(t,x)}{\partial t} + q(t) \frac{\partial S(t,x)}{\partial x} = W(t) \left\{ \frac{\kappa_0}{K_{com}} \theta_b(t) - \frac{\kappa_1}{(V_b + L_b S) \rho} \xi(t,x) \right\} + \frac{1}{K_{com}} \{ \kappa_0 \theta_b(t) - A \xi(t,x) \} \quad (4.3)$$

where, A and ρ denote a cultivator area and a plant unit density respectively. κ_0 and κ_1 denote a growth coefficient. K_{com} denotes a fertilizer reaction coefficient.

Equation (4.3) can be replaced for simplicity as follows:

$$\frac{\partial \xi(t,x)}{\partial t} + q(t) \frac{\partial S(t,x)}{\partial x} = K_{com} W(t) [\theta_b(t) - \xi(t,x)] \quad (4.4)$$

where, $t \in (0, T)$, $x \in (0, L)$ and $K_{com} \equiv \{V_h, L_h, S, \rho, \kappa_0, A\}$.

Since Equation (4.4) is the bilinear partial differential equation, the solution is found as follows[6, 7]:

$$\begin{aligned}\xi(t,x) &= \exp\left(-\int_0^t K_{com} W(\sigma) d\sigma\right) \times \left\{ \xi\left(0, x - \int_0^t q(\sigma) d\sigma\right) \right\} \\ &\quad + \int_0^t K_{com} W(\sigma) \theta_b(\sigma) \times \exp\left(\int_0^\sigma K_{com} W(\sigma) d\sigma\right) d\sigma\end{aligned}\quad (4.5)$$

Then, Equation (4.5) can be modified as follows:

$$\frac{\partial \xi(t,x)}{\partial t} = -q(t) \left[\frac{K_{com} W(t)}{q_0} \left(\theta_b(t) - \xi_{h0}(x) \Big|_{x=L - \int_0^t q(\sigma) d\sigma} \right) \right] \quad (4.6)$$

where, $\xi_{h0}(x)$ is the solution of the following equation.

$$q_0 \frac{\partial \xi_{h0}(x)}{\partial x} = K_{com} W(t) [\theta_b(t) - \xi(t,x)] \quad (4.7)$$

Equation (4.7) represents the steady growth characteristic. Moreover, Equation (4.7) can be modified as follows:

$$\frac{\partial \xi(t,x)}{\partial t} = K_{com} W(t) \left[\frac{q(t)}{q_0} \left\{ \xi_{h0}\left(L - \int_0^t q(\sigma) d\sigma\right) \theta_b(t) \right\} - \xi(t,L) \right] \quad (4.8)$$

Therefore, Equation (4.8) at $x = L$ is derived as follows:

$$\frac{\partial \xi(t, x)}{\partial t} = K_{com} W(t) \left\{ \hat{\kappa}_0(t) \theta_b(t) - \xi(t, L) \right\} \quad (4.9)$$

where, $\hat{\kappa}_0(t)$ is derived as follows:

$$\hat{\kappa}_0(t) \equiv \left\{ \frac{q(t)}{q_0} \xi_{h0} \left(L - \int_0^t q(\sigma) d\sigma \right) \right\} \quad (4.10)$$

where, $\hat{\kappa}_0(t) \theta_b(t)$ denotes the supply amount of fertilizer synchronized with steady growth.

Here, we assume $\hat{\kappa}_0(t) \theta_b(t)$ to a constant as follows:

Assumption 4.1

$$\hat{\kappa}_0(t) \theta_b(t) \equiv \hat{\kappa}_0 \theta_b \quad (4.11)$$

Therefore, we obtain as follows:

$$\frac{\partial \xi(t, x)}{\partial t} = K_{com} W(t) \left\{ \hat{\kappa}_0 \theta_b - \xi(t, L) \right\} \quad (4.12)$$

Let $K_{com} W(t)$, which is a forcing term, be a constant (stationary irradiation) for simplicity. Then, Equation (4.12) is modified as follows:

$$\frac{\partial \xi_L(t)}{\partial t} = \theta_W \left\{ \hat{\kappa}_0 \theta_b - \xi_L(t) \right\} \quad (4.13)$$

where, $\xi(t, L) \equiv \xi_L(t)$ and $\theta_W \equiv K_{com} W(t)$.

Assuming that the growth rate is stochastic due to surrounding influences, the following equation can be derived as follows:

$$d\xi_L(t) = \theta_W \left(\hat{\kappa}_0 \theta_b - \xi_L(t) \right) dt + \sigma dZ(t) \quad (4.14)$$

where, $Z(t)$ denotes a Wiener process.

5 Optimal control of general bilinear distributed parameter system

The mathematical model of the first order bilinear distributed parameter system is given as follows:

$$\frac{\partial S}{\partial t} = f_0(t, x, S) + f_\alpha(t, x, S) W_\alpha(t) + f_k \frac{\partial S}{\partial x} \quad (5.1)$$

where, $(t, x) \in [t_0, t_f] \times \Omega$.

The initial and boundary conditions are as follows[6, 8]:

$$S(t_0, x) = S_0(x) \quad (5.2)$$

$$S(t, x)|_{x \in \partial\Omega} = S_b(t) \quad (5.3)$$

where, $S_0(x)$ and $S_b(t)$ denote each smooth function at $x \in \Omega$ and $(t, x) \in [t_0, t_f]$.

We define the evaluation function J to obtain the control function by the gradient method.

Definition 5.1

$$J = \int_{t_0}^{t_f} G(t, x, S(t, x), u(t)) \Big|_{x \in \Omega} dt \quad (5.4)$$

where, let $G(t, x, S(t, x)), u(t)$ be as follows:

$$G(t, x, S(t, x)), u(t) = g(t, x, S) + g_\alpha(t, x, S)u \quad (5.5)$$

We formulate the gradient function using the maximum principle of Pontryagin[7].

Definition 5.2 *Gradient function K*

$$K(t, x, S, S_x, P, W_\alpha) = P\{f_0(t, x, S) + f_\alpha(t, x, S)W_\alpha + f_k(t, x, S)S_k\} \quad (5.6)$$

where, $(t, x) \in [t_0, t_f] \times D$ and $S_x = \frac{\partial S}{\partial x}$.

P in Equation (5.6) is defined as follows:

Definition 5.3 *Function P*

$$\frac{\partial P(t, x)}{\partial t} = -\frac{\partial K(t, x, S, S_x, P, W_\alpha)}{\partial S} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial K(t, x, S, S_x, P, W_\alpha)}{\partial S} \right] \quad (5.7)$$

where, $P(t_f, x) = 0$, $\frac{\partial P}{\partial x} \Big|_{x \in \partial D_2} = 0$ and $\partial D = \partial D_1 + \partial D_2$.

Then, Hamiltonian H is defined as follows:

Definition 5.4 *Hamiltonian H*

$$H = -G \Big|_{x \in \partial D_2} + \int_D K dx \quad (5.8)$$

The necessary condition for being the optimum operation amount \bar{W}_α is as follows.

$$H(t, x, \bar{S}, \bar{S}_x, \bar{P}, \bar{W}_\alpha) = \max_{W_\alpha \in \Omega} H(t, x, \bar{S}, \bar{S}_x, \bar{P}, \bar{W}_\alpha) \quad (5.9)$$

where, $t \in [t_0, t_f]$.

Then, the gradient function h_W as defined as follows:

Definition 5.5

$$h_W = \frac{\partial H}{\partial W_\alpha} = -g_\alpha(t, x) \Big|_{x \in \partial D_2} + \int_D P(t, x) f_\alpha(t, x, S) dx \quad (5.10)$$

where, $t \in [t_1, t_2] \subset [t_0, t_f]$

The optimal control function can be obtained from the gradient method using Equation (5.10).

As described above, in the case of cultivating plants by light power input by LED, it is understood that the optimal input for obtaining the desired harvest amount is the Bang-Bang control per period time $t \in [0, T]$, $T_R \leq T$. That is, by applying the optical power adapted to the period cycle according to the above-described control strategy, a desired harvest can be obtained in the final period.

6 Optimal control law by strict linear model approximation

We find the optimal solution using the strict linear model to make the bilinear partial differential equations easier to handle. We rewrite the leaf growth period model of plant as follows:

$$\frac{\partial \xi(t, x)}{\partial t} = W(t) \{k_0 \theta_b(t) - k_1 \xi(t, x)\} \quad (6.1)$$

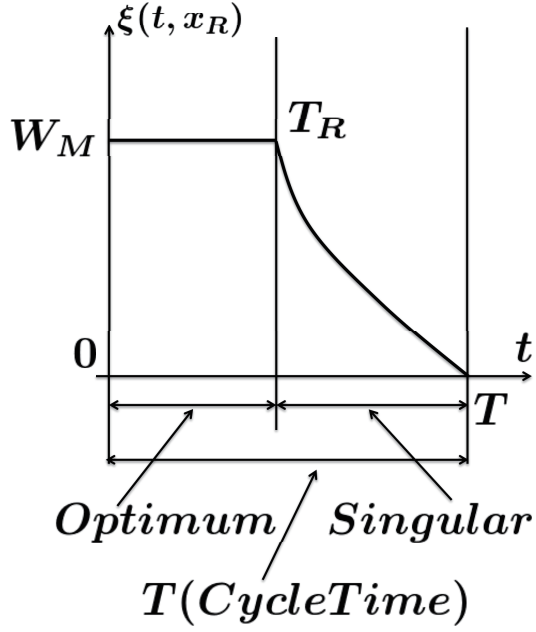


Figure 6: Optimal and Singular control

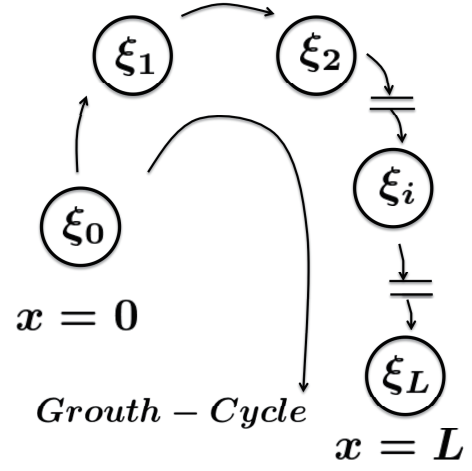


Figure 7: Continuum approximation

Equation (6.1) is derived at $x = L$ as follows:

$$\frac{d\xi_L(t)}{dt} = \frac{\hat{W}(t)A}{L(c_f \rho_f S_f)} \{k_0 \theta_b(t) - k_1 \xi_L(t)\} = \frac{1}{L(c_f \rho_f S_f)} \{\xi_0(t) - k_1 \xi_1(t)\} \quad (6.2)$$

Equation (6.2) is transformed as follows:

$$\frac{d\xi_L(t)}{dt} = W(t, L) \{k_0 \theta_b(t) - k_1 \xi_L(t)\} + f[\xi_L(t)] = W(t, L) g\{\xi_L(t)\} + f[\xi_L(t)] \quad (6.3)$$

where, the functions $W(t, L)$, $g\{\xi_L(t)\}$ and $f\{\xi_L(t)\}$ in Equation (6.3) as follows[6, 7]:

$$W(t, L) \equiv \frac{\hat{W}(t)A}{L(c_f \rho_f S_f)} = w(t) \quad (6.4)$$

$$g\{\xi_L(t)\} = k_0 \theta_b(t) - k_1 \xi_L(t) \quad (6.5)$$

$$f\{\xi_L(t)\} = \frac{1}{L(c_f \rho_f S_f)} \{\xi_0(t) - k_1 \xi_1(t)\} \quad (6.6)$$

From Equations (6.3) – (6.6), we obtain as follows:

$$\frac{dC_L(t)}{dt} = mC_L(t) + bu(t) \quad (6.7)$$

where, $C_L(t)$, m , b , $w(t)$ and $\hat{W}(t)$ are as follows:

$$C_L(t) \equiv k_1 \xi_L(t) - k_0 \theta_b(t) \quad (6.8)$$

$$m = \frac{1}{L(c_f \rho_f S_f)} + \frac{A}{L(c_f \rho_f S_f)^2} \quad (6.9)$$

$$b \equiv \frac{1}{L(c_f \rho_f S_f)} \quad (6.10)$$

$$w(t) \equiv \frac{1}{\xi_0(t) - k_1 \xi_L(t)} \left\{ \frac{1}{L(c_f \rho_f S_f)} \{ \xi_0(t) - k_1 \xi_L(t) \} + u(t) \right\} \times \frac{A}{(c_f \rho_f S_f)} \quad (6.11)$$

$$\hat{W}(t) \equiv k_p P_p(t) P_s \cdot \alpha \quad (6.12)$$

where, $\xi_L(t)$ satisfy the following equation.

$$\frac{d\xi_L(t)}{dt} = \frac{\hat{W}(t)A}{L(c_f \rho_f S_f)} \left\{ k_0 \theta_b(t) - k_1 \xi_L(t) \right\} + \frac{1}{L(c_f \rho_f S_f)} \left\{ \xi_0(t) - k_1 \xi_L(t) \right\} \quad (6.13)$$

From above description, we obtain as follows:

$$\frac{dC_L(t)}{dt} = mC_L(t) + bu(t) \quad (6.14)$$

Equation (6.14) denotes the exact linear model exchanged. Then, the optimal input is derived as follow:

$$u_{opt}(t) = -kC(t) \quad (6.15)$$

When the optimal input $u_{opt}(t)$ is applied, we obtain as follows:

$$\frac{dC_{L_{opt}}(t)}{dt} = (m - k)C_{L_{opt}}(t) \quad (6.16)$$

Therefore, due to the optimal input $u_{opt}(t)$ for the mathematical model of plant Leaf area growth , the mathematical model is represented by the equation (6.16).

7 Results

In this paper, mathematical modeling was applied to plant growth, from the seedling to the shipment of the adult plant. We observed that it was theoretically possible to derive an optimal control method by starting with bilinear partial differential equations in the growth period and developing a rigorous linear model. In future work, we will apply the model to real data, to test the accuracy of the model.

References

- [1] Kiyokazu Suehiro: Leaf Area Growth of Cinnamomum camphora Seedlings and Shade Tolerance Analysis by the Blackman's Method; Kagawa University academic repository, Vol.2, No.59, pp.21-37, 2009
- [2] H.Sakurai and H.Shibaoka etc.: Introduction to Plant Physiology; Baifukan,co., LTD., 1989
- [3] Blackman G.E and Black J.N: Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment. XI. A further assessment of the influence of shading on the growth of different species in the vegetative phase; Ann. Bot, N.S.23, pp.51-63, 1959

- [4] Williams R.F: The physiology of plant growth with special reference to the concept of net assimilation rate; Ann. Bot. N.S.10, pp.41-72, 1946
- [5] K.Koyama and K.Fukumori, etc: Ecological scaling theory: Kleiber's law and fractal growth (Feature 2); Metabolic scaling theory: an integrated approach connecting individual physiology and ecosystem); Japanese journal of Ecology, Vol.63, No.1, pp.91-101, 2013
- [6] Kenji Shirai, Yoshinori Amano and Sigeru Omatu: Mathematical model of thermal reaction process for external heating equipment in the manufacture of semiconductors (Part I); International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Volume 9, Number 4, pp.1557-1571, April, 2013
- [7] Kenji Shirai, Yoshinori Amano and Sigeru Omatu: Mathematical model of thermal reaction process attached an external heating equipment in the manufacturing semiconductors (Part II); Journal: International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Volume 9, Number 5, pp.1889-1898, May, 2013
- [8] Yoshinori Amano: System theory for control problem of distributed parameter system-Modern control theory consideration on various problem setting-; Ph.D. thesis, September, 1979
- [9] Kenji Shirai and Yoshinori Amano: Mathematical Analysis of Vapor Diffusion Process for Impregnated Solvent on Sheet-Type Films-Diffusion Status Model for Designing a Control System Configuration-; Niigata University of International and Information Studies Bulletin, 2013, No.16, p.117-133
- [10] Kenji Shirai and Yoshinori Amano: State Estimation of Impregnated Sheet Substrates in a Drying Oven Niigata University of International and Information Studies Bulletin, 2014, No.16, p.117-133

セグメント情報による新潟交通株式会社の分析

An Analysis of Niigata Kotsu Co., Ltd.: Focusing Segment Information

山下 功

要旨

本稿では、新潟交通と他社のセグメント情報を比較して分析することにより、新潟交通が有する問題点の考察を行った。その結果、新潟交通は比較対象企業の中でほぼ中位の業績であるが JR4 社と大手民鉄よりは劣ることと、運輸事業への依存度が比較的 low、不動産事業を中心に多角化が進んでいる傾向が見られることが改めて明らかになった。

そこで、多角化の推進と運輸事業の強化について検討を行った結果、多角化の推進は有望とはいえ、万代シテイの不動産事業を維持しつつ運輸事業を強化することが有望であることが導き出された。

今後の課題として、新潟交通へのインタビュー調査の実施と、新潟交通と JR 東日本との間における共通運賃制度の導入の検討が挙げられる。

キーワード

旅客運輸業、地方公共交通、新潟交通、セグメント情報、経営多角化

1. はじめに

拙稿で既に述べたように、地方の旅客運輸事業の経営環境は厳しい¹⁾。古平によると、過去 40 年間の地方鉄道の歴史は、『廃線の歴史』と言われ、戦後の高度経済成長下のモータリゼーションの進展の陰で、その存在感を失っていった公共交通のあり方を如実に示している²⁾。また、日本においては、JR が日本国有鉄道(国鉄)であった時代から国や地方自治体だけでなく民間企業も公共交通を担っており、旅客運輸以外の様々な事業を手がけることにより経営多角化を行っている³⁾。

地元の新潟市においても、1999 年の新潟交通電車線の廃止を経て、2015 年に同社により BRT を基幹とする新バスシステムが導入されたが、当システムは未だに進化の途上であるとともに⁴⁾、株主代表訴訟を提起されるなど⁵⁾、交通改革は未だ道半ばである。一方で、同社の有価証券報告書のセグメント情報によると、不動産事業で営業利益の半分以上を獲得しており、本業である運輸事業よりもグループ全体の利益への貢献度が高い。

本稿では、新潟交通株式会社と他社のセグメント情報を比較して分析することにより、新潟交通が有する問題点を明らかにする。

2. 分析データの作成

2.1 分析対象企業の選定

公表財務諸表である有価証券報告書の入手可能性を考慮して、新潟交通株式会社との比較対象企業を鉄道、バス、タクシーによる旅客運輸事業を営む上場企業とした。最初に『東証上場会社情報サービス | 日本取引所グループ』において「業種分類: 陸運業」で検索を行い、61社を抽出した。次にその中から旅客運輸業を営む29社を図表1のとおり抽出した。

さらにその中から、新潟交通との比較可能性を考慮して、規模が大きくなく、かつ、大都市圏を主な事業地域としていない企業を選定した。まず前者の条件により JR と大手民鉄と準大手民鉄を除外し、次に後者の条件により富士急、神奈中、大和を除外した。したがって、選定されたのは秩父鉄道、京福、神鉄、広電、神姫の5社である。

2.2 データの抽出

各社の有価証券報告書の「第5 経理の状況: 1 連結財務諸表等: セグメント情報」に記載された「報告セグメント」からデータを抽出した⁶⁾。分析対象となった全ての企業が複数の事業セグメントを有しており、運輸事業のみの単一セグメントである企業は存在しない。また、運輸事業以外に全ての企業が共通して有しているセグメントは不動産事業のみである。

抽出したデータ項目は報告セグメント別の「売上高 計」「セグメント利益」「セグメント資産」であり、連結調整前の数値を利用している。なお、有価証券報告書において売上高を「営業収益」と表記している企業もあるが、本稿では「売上高」に表記を統一している。また、後述の分析においては、各社の有価証券報告書の「第2 事業の状況: 1 業績等の概要」を参照している。

分析対象期間は、新潟交通が直近6年間、他の5社が直近2年間である。なお、全ての企業が3月期決算である。

2.3 財務指標の算出

抽出したデータを基にして、以下の財務指標を算出した⁷⁾。

売上高構成比 = 当該セグメントの売上高 ÷ セグメント売上高の合計額(連結調整前)

利益構成比 = 当該セグメントの利益額 ÷ セグメント利益の合計額(連結調整前)

資産構成比 = 当該セグメントの資産額 ÷ セグメント資産の合計額(連結調整前)

売上高利益率 = 当該セグメントの利益額 ÷ 当該セグメントの売上高

資産利益率 = 当該セグメントの利益額 ÷ 当該セグメントの資産額

これらの結果を2017年3月期のみを抜粋して図表2に示す。

(図表 1) 旅客運輸事業を営む上場企業

No.	企業名称	企業略称	事業者区分	本社所在地	市場区分	証券コード	EDINETコード	セグメント数
1	東日本旅客鉄道株式会社	JR 東日本	JR	東京	1	9020	E04147	4
2	東海旅客鉄道株式会社	JR 東海	JR	愛知	1	9022	E04149	4
3	西日本旅客鉄道株式会社	JR 西日本	JR	大阪	1	9021	E04148	4
4	九州旅客鉄道株式会社	JR 九州	JR	福岡	1	9142	E32679	5
5	東武鉄道株式会社	東武	大手民鉄	東京	1	9001	E04094	5
6	株式会社西武ホールディングス	西武	大手民鉄	埼玉	1	9024	E04154	6
7	京成電鉄株式会社	京成	大手民鉄	千葉	1	9009	E04091	6
8	京王電鉄株式会社	京王	大手民鉄	東京	1	9008	E04092	5
9	小田急電鉄株式会社	小田急	大手民鉄	東京	1	9007	E04088	4
10	東京急行電鉄株式会社	東急	大手民鉄	東京	1	9005	E04090	4
11	京浜急行電鉄株式会社	京急	大手民鉄	東京	1	9006	E04089	5
12	相鉄ホールディングス株式会社	相鉄	大手民鉄	神奈川	1	9003	E04097	5
13	名古屋鉄道株式会社	名鉄	大手民鉄	愛知	1	9048	E04101	6
14	近鉄グループホールディングス株式会社	近鉄	大手民鉄	大阪	1	9041	E04102	5
15	南海電気鉄道株式会社	南海	大手民鉄	大阪	1	9044	E04106	6
16	京阪ホールディングス株式会社	京阪	大手民鉄	大阪	1	9045	E04105	5
17	阪急阪神ホールディングス株式会社	阪急阪神	大手民鉄	大阪	1	9042	E04103	7
18	西日本鉄道株式会社	西鉄	大手民鉄	福岡	1	9031	E04110	6
19	新京成電鉄株式会社	新京成	準大手民鉄	千葉	1	9014	E04098	3
20	山陽電気鉄道株式会社	山陽	準大手民鉄	兵庫	1	9052	E04125	5
*21	秩父鉄道株式会社	秩父鉄道	中小民鉄	埼玉	JQS	9012	E04136	5
22	富士急行株式会社	富士急	中小民鉄	山梨	1	9010	E04093	4
*23	京福電気鉄道株式会社	京福	中小民鉄	京都	2	9049	E04108	3
*24	神戸電鉄株式会社	神鉄	中小民鉄	兵庫	1	9046	E04109	4
*25	広島電鉄株式会社	広電	中小民鉄	広島	2	9033	E04123	5
*26	新潟交通株式会社	新潟交通	バス	新潟	2	9017	E04155	5
27	神奈川中央交通株式会社	神奈中	バス	神奈川	1	9081	E04158	4
*28	神姫バス株式会社	神姫	バス	兵庫	2	9083	E04160	7
29	大和自動車交通株式会社	大和	タクシー	東京	2	9082	E04159	3

注 1: 市場区分の「1」は第一部、「2」は第二部、「JQS」は JASDAQ スタンダードを示す。

注 2: セグメント数には、「その他の事業」等も含む。

注 3: No.の「*」は、本稿における分析対象企業を示す。

出典: 国土交通省鉄道局監修(2016, p.8), 『有価証券報告書 2017 年 3 月期』, 『EDINET』, 『東証上場会社情報サービス | 日本取引所グループ』により作成。

(図表 2) 各社のセグメント情報(2017年3月期)

新潟交通 2017年3月期

	運輸事業	不動産 事業	商品販売 事業	旅館事業	その他	合計	調整額	連結
売上高	10,082	3,553	2,184	1,942	3,777	21,536	-1,330	20,207
セグメント利益	523	1,387	24	41	381	2,357	1	2,358
セグメント資産	17,494	32,644	805	1,425	2,018	54,386	1,946	56,332
売上高構成比	46.81%	16.50%	10.14%	9.02%	17.54%	100.00%		
利益構成比	22.19%	58.85%	1.03%	1.75%	16.18%	100.00%		
資産構成比	32.17%	60.02%	1.48%	2.62%	3.71%	100.00%		
売上高利益率	5.19%	39.05%	1.12%	2.12%	10.10%	10.95%		11.67%
資産利益率	2.99%	4.25%	3.03%	2.89%	18.89%	4.33%		4.19%

秩父鉄道 2017年3月期

	鉄道事業	不動産 事業	観光事業	バス事業	その他	合計	調整額	連結
売上高	3,338	346	471	437	1,113	5,705	-402	5,303
セグメント利益	1	182	15	34	-6	227	23	249
セグメント資産	16,411	3,638	626	688	725	22,087	1,520	23,607
売上高構成比	58.52%	6.06%	8.26%	7.66%	19.50%	100.00%		
利益構成比	0.39%	80.45%	6.75%	14.98%	-2.58%	100.00%		
資産構成比	74.30%	16.47%	2.83%	3.11%	3.28%	100.00%		
売上高利益率	0.03%	52.74%	3.25%	7.77%	-0.53%	3.97%		4.70%
資産利益率	0.01%	5.01%	2.44%	4.94%	-0.81%	1.03%		1.06%

京福 2017年3月期

	運輸業	不動産業	レジャー・ サービス業			合計	調整額	連結
売上高	7,925	2,311	1,867			12,104	-438	11,665
セグメント利益	250	381	72			704	0	705
セグメント資産	8,024	8,769	2,141			18,935	-67	18,867
売上高構成比	65.47%	19.09%	15.42%			100.00%		
利益構成比	35.51%	54.12%	10.23%			100.00%		
資産構成比	42.38%	46.31%	11.31%			100.00%		
売上高利益率	3.15%	16.49%	3.86%			5.82%		6.04%
資産利益率	3.12%	4.34%	3.36%			3.72%		3.74%

神鉄 2017年3月期

	運輸業	不動産業	流通業	その他		合計	調整額	連結
売上高	12,931	2,061	6,521	2,920		24,435	-1,287	23,147
セグメント利益	1,077	850	96	243		2,268	-24	2,243
セグメント資産	74,706	16,581	727	2,297		94,313	1,322	95,635
売上高構成比	52.92%	8.43%	26.69%	11.95%		100.00%		
利益構成比	47.49%	37.48%	4.23%	10.71%		100.00%		
資産構成比	79.21%	17.58%	0.77%	2.44%		100.00%		
売上高利益率	8.33%	41.24%	1.47%	8.32%		9.28%		9.69%
資産利益率	1.44%	5.13%	13.20%	10.58%		2.40%		2.35%

広電 2017年3月期

	運輸業	流通業	不動産業	建設業	レジャー・ サービス業	合計	調整額	連結
売上高	21,871	10,261	5,219	5,612	1,924	44,888	-2,657	42,231
セグメント利益	-1,102	60	1,461	201	74	696	-12	684
セグメント資産	38,790	3,472	41,126	3,293	2,972	89,654	-674	88,980
売上高構成比	48.72%	22.86%	11.63%	12.50%	4.29%	100.00%		
利益構成比	-158.33%	8.62%	209.91%	28.88%	10.63%	100.00%		
資産構成比	43.27%	3.87%	45.87%	3.67%	3.31%	100.00%		
売上高利益率	-5.04%	0.58%	27.99%	3.58%	3.85%	1.55%		1.62%
資産利益率	-2.84%	1.73%	3.55%	6.10%	2.49%	0.78%		0.77%

神姫 2017年3月期

	自動車 運送	車両物 販・整備	業務 受託	不動産	レジャー サービス	旅行 貸切	その他	合計	調整額	連結
売上高	20,123	8,043	3,103	4,375	6,468	3,989	1,883	47,986	-3,463	44,522
セグメント利益	921	414	238	1,468	-221	15	-15	2,822	-29	2,793
セグメント資産	17,262	6,478	3,302	18,670	3,084	2,786	781	52,366	3,219	55,585
売上高構成比	41.94%	16.76%	6.47%	9.12%	13.48%	8.31%	3.92%	100.00%		
利益構成比	32.64%	14.67%	8.43%	52.02%	-7.83%	0.53%	-0.53%	100.00%		
資産構成比	32.96%	12.37%	6.31%	35.65%	5.89%	5.32%	1.49%	100.00%		
売上高利益率	4.58%	5.15%	7.67%	33.55%	-3.42%	0.38%	-0.80%	5.88%		6.27%
資産利益率	5.34%	6.39%	7.21%	7.86%	-7.17%	0.54%	-1.92%	5.39%		5.02%

注 1: 金額の単位は百万円である。

注 2: 「連結財務諸表計上額」を略して「連結」と表記している。

出典: 『有価証券報告書 2017年3月期』により作成。

3. 新潟交通の利益性

3.1 時系列による分析

図表 3 は、新潟交通の運輸事業セグメント、不動産事業セグメント、連結財務諸表の業績の推移を示したものである。

(1) 運輸事業セグメント

セグメント利益は 2013 年 3 月期に底を打った後は負(赤字)から正(黒字)に転じ、4 年連続で著しく増加している。セグメント資産も同様に 2014 年 3 月期に底を打ち、それ以降は年々増加しているが、セグメント利益の増加率と比較すると緩やかである。それに対して、売上高は 2014 年 3 月期天井を打ち、それ以降は年々微減している。これらに伴い、売上高利益率と資産利益率も増加している。

売上高の増加要因として、新バスシステムの開業(2016 年 3 月期)に加えて、IC カード乗車券「りゅーと」の普及や、定時運行への取り組みが有価証券報告書で挙げられている。

セグメント利益の著しい増加要因については有価証券報告書では明記されていない。しかし、旅客運輸事業は、旅客運輸人数や旅客運輸人キロや旅客運輸収入を営業量(操業度)とすれば固定費中心型の事業であるため、損益分岐点を超える営業量の増加は急激な限界利益(貢献利益)の増加をもたらし、その結果として著しい増益につながったといえる。

(2) 不動産事業セグメント

売上高、セグメント利益、セグメント資産のいずれも 2014 年 3 月期に天井を打ち、それ以降は年々微減しているが、セグメント利益のみ 2017 年 3 月期に増加に転じている。売上高利益率と資産利益率もセグメント利益と同様の傾向を示している。

有価証券報告書によると、当セグメントは万代シティにおける不動産賃貸がほとんどを占めている。したがって、当セグメントの業績は万代地区の浮沈に係っており、今後の新潟駅周辺の再開発の進行が脅威となることが予想される。

当セグメントの業績が良好であった 2014 年 3 月期は「万代シティ」40 周年イベント開催に加えて、「新潟日報メディアシップ」と「ラブラ 2」と「新潟市マンガ・アニメ情報館」が開業したため、来街客が増加した。これらのうち「新潟市マンガ・アニメ情報館」は新潟交通所有物件のテナントであるが、「新潟日報メディアシップ」と「ラブラ 2」は他社所有物件であるため、万代地区への集客をもたらす一方で、新潟交通の不動産賃貸収入には結びつかない。

(3) 連結財務諸表計上額

営業利益は 5 年連続で増加している。それに対して、売上高は 2014 年 3 月期に天井を打ち、それ以降は年々微減している。また、資産合計は 5 年連続で減少しているが、2014 年 3 月期以降は減少率が緩やかになっている。これらに伴い、売上高利益率と資産利益率は増加している。

グループ全体としては、不動産事業が高い利益率を維持しているとともに、本業である運輸事業の利益が改善していることが、利益率の向上に貢献している。

しかし、連結売上高の減少はグループ全体の事業規模の縮小を意味し、長期的に見れば新潟交通は緩やかな衰退傾向にあるといえる。

(図表 3) 新潟交通の業績の推移

新潟交通 運輸事業セグメント 2012~2017年3月期

	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度
売上高	10,392	10,355	10,518	10,410	10,294	10,082
セグメント利益	-121	-200	13	218	470	523
セグメント資産	16,752	17,044	16,812	16,883	17,222	17,494
売上高構成比	46.76%	47.06%	46.71%	47.11%	47.01%	46.81%
利益構成比	-7.47%	-11.94%	0.65%	10.41%	20.84%	22.19%
資産構成比	27.59%	30.10%	30.36%	31.02%	31.59%	32.17%
売上高利益率	-1.17%	-1.93%	0.12%	2.09%	4.57%	5.19%
資産利益率	-0.72%	-1.17%	0.08%	1.29%	2.73%	2.99%

新潟交通 不動産事業セグメント 2012~2017年3月期

	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度
売上高	3,519	3,537	3,631	3,597	3,584	3,553
セグメント利益	1,402	1,434	1,503	1,436	1,314	1,387
セグメント資産	37,096	35,363	34,198	33,331	32,901	32,644
売上高構成比	15.84%	16.08%	16.13%	16.27%	16.37%	16.50%
利益構成比	86.30%	85.70%	76.73%	68.72%	58.27%	58.85%
資産構成比	61.10%	62.46%	61.76%	61.23%	60.34%	60.02%
売上高利益率	39.84%	40.55%	41.39%	39.93%	36.67%	39.05%
資産利益率	3.78%	4.06%	4.39%	4.31%	3.99%	4.25%

新潟交通 連結財務諸表計上額 2012~2017年3月期

	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度
売上高	20,807	20,611	21,097	20,432	20,512	20,207
営業利益	1,625	1,676	1,957	2,088	2,257	2,358
資産合計	62,817	59,136	57,384	56,273	56,332	56,332
売上高利益率	7.81%	8.13%	9.28%	10.22%	11.00%	11.67%
資産利益率	2.59%	2.83%	3.41%	3.71%	4.01%	4.19%

注: 金額の単位は百万円である。

出典: 『有価証券報告書 2013~2017年3月期 新潟交通株式会社』により作成。

3.2 他社との比較による分析

図表 4 は、運輸事業と不動産事業が属するセグメントを各社で比較して示したものである。秩父鉄道のみ旅客運輸事業が「鉄道事業」と「バス事業」の 2 つのセグメントに属しているが、鉄道事業のみを運輸事業とみなして分析をしている。なお、他の 5 社の運輸事業のセグメントは 1 つである。

(図表 4) 運輸事業と不動産事業の利益率

運輸事業セグメント 2017 年 3 月期

	新潟交通	秩父鉄道	京福	神鉄	広電	神姫
売上高	10,082	3,338	7,925	12,931	21,871	20,123
セグメント利益	523	1	250	1,077	-1,102	921
セグメント資産	17,494	16,411	8,024	74,706	38,790	17,262
売上高構成比	46.81%	58.52%	65.47%	52.92%	48.72%	41.94%
利益構成比	22.19%	0.39%	35.51%	47.49%	-158.33%	32.64%
資産構成比	32.17%	74.30%	42.38%	79.21%	43.27%	32.96%
売上高利益率	5.19%	0.03%	3.15%	8.33%	-5.04%	4.58%
資産利益率	2.99%	0.01%	3.12%	1.44%	-2.84%	5.34%

不動産事業セグメント 2017 年 3 月期

	新潟交通	秩父鉄道	京福	神鉄	広電	神姫
売上高	3,553	346	2,311	2,061	5,219	4,375
セグメント利益	1,387	182	381	850	1,461	1,468
セグメント資産	32,644	3,638	8,769	16,581	41,126	18,670
売上高構成比	16.50%	6.06%	19.09%	8.43%	11.63%	9.12%
利益構成比	58.85%	80.45%	54.12%	37.48%	209.91%	52.02%
資産構成比	60.02%	16.47%	46.31%	17.58%	45.87%	35.65%
売上高利益率	39.05%	52.74%	16.49%	41.24%	27.99%	33.55%
資産利益率	4.25%	5.01%	4.34%	5.13%	3.55%	7.86%

注：金額の単位は百万円である。

出典：『有価証券報告書 2017 年 3 月期』により作成。

(1) 運輸事業セグメント

新潟交通の売上高構成比は 6 社中 5 番目、利益構成比は 4 番目、資産構成比は 6 番目である。したがって、6 社の中では運輸事業への依存度が比較的 low、多角化が進んでいる傾向が見られる。

新潟交通の売上高利益率は 6 社中 2 番目、資産利益率は 3 番目である。3.1(1)で指摘した売上高の増加に伴う利益の増加の効果が現れている。

その一方で、広電のセグメント利益は 2 年連続の損失(赤字)、秩父鉄道は 2016 年 3 月期は損失(赤字)で 2017 年 3 月期はほぼ 0 であり、他の事業により本業の損失を埋め合わせている。また、全 6 社が「運輸

事業の売上高利益率 < 連結の売上高利益率」かつ「運輸事業の資産利益率 < 連結の資産利益率」であり、他の事業と比較して利益性が低い傾向にある。

(2) 不動産事業セグメント

新潟交通の売上高構成比は 6 社中 2 番目、利益構成比は 3 番目、資産構成比は 1 番目である。新潟市における万代シテイの集客力の高さが新潟交通の不動産事業の業績に貢献しているといえるが、その一方で多額の資産を抱えていることは問題である。なお、広電と秩父鉄道の利益構成比が高い理由は、鉄道事業で利益を得ていないためである。

新潟交通の売上高利益率は 6 社中 3 番目、資産利益率は 5 番目である。セグメント資産が多額であるため、資産利益率は低い順位となる。

また、全 6 社が運輸事業セグメントよりも高い売上高利益率と資産利益率を示しており、不動産事業は地方の旅客運輸事業者にとって利益をより効率的に得るための重要な事業になっている。なお、ほとんどの企業が不動産賃貸を主な事業としているのに対して、広電は不動産賃貸と不動産販売による売上高がほぼ半々であり、多くの大手民鉄と同様にマンション開発に参入している。

(3) 上記以外のセグメント

上記以外のセグメントで特筆すべきものは、6 社の中で神鉄と広電のみが有する流通業である。当セグメントの主力事業はスーパーであり、両社とも 6 店舗を出店している⁸⁾。なお、地方の旅客運輸事業者とは対照的に、JR4 社とほとんどの大手民鉄は当セグメントを有している。例えば、旅客運輸事業の売上高構成比が 29 社の中で最も低い相鉄と次いで低い東急は、不動産事業よりも流通業の売上高構成比が高く、沿線にスーパー(相鉄ローゼン 52 店舗、東急ストア 82 店舗)などを出店している⁹⁾。

また、6 社の中で神姫のみが有する車両物販・整備はバス事業と関連性が高く、神奈中も同様の事業セグメントを有する。それに対して、同じバス事業者である新潟交通はヤマトオートワークス北信越に整備を委託しているため¹⁰⁾、当セグメントは存在しない。すなわち、新潟交通は整備を非中核事業とみなし、より専門性の高い企業に任せているといえる。

3.3 考察

前項までの分析から言えることは、新潟交通は比較対象企業の中で著しく業績が良いわけでも悪いわけでもなく、ほぼ中位に位置することである。そして、6 社の中では運輸事業への依存度が比較的 low、不動産事業を中心に多角化が進んでいる傾向が見られる。

しかしながら、規模が大きな JR4 社と大手民鉄の旅客運輸事業と比較すると、利益性は高いとはいえない¹⁰⁾。すなわち、6 社とも利益性が劣っている中で、新潟交通は中位であるに過ぎない。

新潟交通の将来を考えた場合、多角化の更なる推進により生活総合産業に脱皮するか、参入障壁が比較的高い運輸事業を強化するかについて検討する必要がある。

(1) 不動産事業の強化

まず、多角化の一つとして、不動産事業の強化を検討する。現在の事業の中心をなす万代シテイは、創業時の 1943 年から所有し、運輸事業で利用していた土地を 1973 年に再開発したものである。したがって、新潟交通の不動産事業は既存の土地を有効活用した事業であるともいえる。しかしながら、新たな場所に不動産賃貸事業を展開する計画はなく、多くの大手民鉄や広電のように不動産販売も行っていない。また、当の万代シテイにおいても三井不動産との共同開発の形態をとっており、シルバーボウルは新潟交通から三井不動産に売却された後にラブラ 2 として開業している。したがって、新たな不動産事業に参入

することを想定した場合、万代シティとは異なりゼロからのスタートとなり、新潟県内外の競争者と比較して不利な立場に立たされることになる。

(2) 流通小売業への参入

多角化の次の一手として、神鉄と広電が手がけている流通小売業への参入を検討する。例えば、旅客運輸事業の売上高構成比が最も低い相鉄と東急は、不動産事業よりも流通小売業の売上高構成比が高く、沿線にスーパー(相鉄ローゼン及び東急ストア)を出店している。ところが、新潟交通は最大で12店舗を有した新交ストアを2005年にパワーズフジミに譲渡し、スーパー事業から撤退している¹¹⁾。さらに譲渡先のパワーズフジミも2013年に破産している¹²⁾。アクシアル リテイリングやウオロク等の県内資本のスーパーに加え、清水商事を傘下に収めたイオン等の全国チェーンのスーパーがひしめく過酷な競争環境の下で新潟交通が当事業に再参入するのは容易ではない。なお、新潟交通の商品販売事業は観光土産品卸売部門と直営売店部門であり、スーパーや百貨店などの流通小売業は行っていない。

(3) 運輸事業の強化

次に、運輸事業の強化を検討する。旅客運輸事業は公共性が高いため、許認可が必要であることから参入障壁が高く、競争環境は比較的有利である。

新潟市内線などの一般乗合バス部門は地域独占の状態にあることから、一見、安定した事業であるように見える。しかし、JR 東日本と並行する路線においては運賃が高価なバスは不利である。また、JR 東日本とバスを乗り継ぐと運賃が単純合算され高価になるため、利用者は事業者間での乗り継ぎを敬遠しがちである。そして、乗り継ぎが必要な経路を移動する際には、所要時間や価格を考慮して自家用車が選択される場合もある。

これらの問題の解決には、新潟交通とJR 東日本との間で共通運賃制度を導入し、公共交通全体をより利用しやすくすることが有効である。しかし、このような共通運賃制度は日本では例がなく、導入には困難が伴うことが予想される。

また、鉄道よりも定時運行の信頼性が劣るバスの利用を促進するために、新潟交通のバスにもJR 東日本の「どことレ¹³⁾」のようなリアルタイムの運行情報サービスを提供することが必要である。

高速バス部門は一般乗合バス部門と比較して長距離の利用が多く、利用者当たりの運賃単価が高いため、貴重な収入源になりうる。ところが、新潟交通は不採算路線からの撤退を行っており、縮小傾向にある。また、東京線ではJR 上越新幹線だけではなくWILLER等の旧ツアーバス系の事業者との競争も強いられている。

高速バス部門の強化にあたっては、地の利を活かして新潟県内の路線の開拓や再参入を検討すべきである。例えば、1978年に宮古~盛岡間で運行を開始し、地方の都市間連絡バスの嚆矢となった岩手県北バスの「106 急行」は、所要時間や運行頻度だけではなく着席保証や冷房完備などの差別化により、高速自動車国道を利用しない路線でありながらJR 山田線との競争を優位に進めている。高速自動車国道の整備が進んでいる新潟県ではバスの速達性をより発揮できるため、路線開拓の余地があるといえる。

これらに対して貸切バス部門は定期運行路線ではないことから参入障壁が低く、新潟県内にも数台を所有する小規模な業者が多数存在する。新潟交通の貸切バスを利用者に選択してもらうためには、一般乗合バスや高速バスの運行実績を安全性の訴求材料にするなどの、運賃以外の差別化を図る必要がある。

4. おわりに

本稿では、新潟交通株式会社と他社のセグメント情報を比較して分析することにより、新潟交通が有する問題点の考察を行った。その結果、新潟交通は比較対象企業の中でほぼ中位の業績であるが JR4 社と大手民鉄よりは劣ることと、運輸事業への依存度が比較的 low、不動産事業を中心に多角化が進んでいる傾向が見られることが改めて明らかになった。

そこで、多角化の更なる推進により生活総合産業に脱皮するか、運輸事業を強化するかについて検討を行った結果、多角化の推進は有望とはいえず、万代シテイの不動産事業を維持しつつ運輸事業を強化することが有望であることが導き出された。

なお、本稿では主として公表情報である有価証券報告書のセグメント情報を利用して分析を行ったため、セグメント別に収集可能な情報が少なかったことと、詳細な内部情報が得られなかったことが問題として残った。考察をより深め、より現実的な問題解決を図るため、今後、新潟交通へのインタビュー調査をすることが必要である。

そして、困難が予想される新潟交通と JR 東日本との間における共通運賃制度の導入の可能性については、諸外国の事例の検討も含め、今後の課題としたい。

注記

1. 山下, 2017.
2. 古平, 2016, p.94.
3. 石川, 2013; 石川, 2015; 澤, 上羽, 2013, pp.90-102.
4. 『有価証券報告書 2017年3月期 新潟交通株式会社』, 第2 事業の状況: 1 業績等の概要.
5. 『株主代表訴訟に関するお知らせ』.
6. 山下, 2017, p.63.
7. 山下, 2017, p.63.
8. 『神鉄食彩館～神鉄エンタープライズ～生鮮スーパー 店舗案内』; 『マダムジョイ 店舗のご案内』
9. 『相鉄ローゼン 会社案内』; 『東急ストア 会社概要』.
10. 「新潟交通 バス整備業務を委託 ヤマト運輸系と新会社」.
11. 「新潟交通 新交ストアの営業譲渡 債務超過で決断 パワーズフジミが「セサミ」3 店継続」.
12. 「パワーズフジミ破産 負債 27 億円 社員 180 人解雇」.
13. 『どことレ』.

参考文献

1. 石川順章(2013)「日本の鉄道事業における経営多角化の類型化と比較分析」『現代社会研究』11 号, 東洋大学現代社会総合研究所, pp.209-220.
2. 石川順章(2015)「鉄道事業における経営多角化の分析手法に関する研究: 大手民鉄の事業分類を中心として」『現代社会研究』13 号, 東洋大学現代社会総合研究所, pp.181-187.
3. 国土交通省鉄道局監修(2016)『数字でみる鉄道 2016』運輸総合研究所.
4. 古平浩(2016)「地方鉄道研究の一考察: 地方鉄道の課題と地方鉄道研究の射程」『追手門学院大学地域創造学部紀要』第 1 号, pp.93-119.

5. 澤喜司郎, 上羽博人(2013)『新版 交通とビジネス【改訂版】』成山堂書店.
6. 山下功(2017)「旅客運輸事業の利益性に関する考察: 鉄道、バス、タクシー会社のセグメント情報による」『新潟国際情報大学 情報文化学部 紀要』Vol.4, pp.61-69.
7. 『株主代表訴訟に関するお知らせ』新潟交通株式会社プレスリリース, 2017-02-22,
<http://www.niigata-kotsu.co.jp/ir/pr_docu/h290222_koukoku.pdf>, (2017-12-27 閲覧).
8. 「新潟交通 新交ストアの営業譲渡 債務超過で決断 パワーズフジミが「セサミ」3 店継続」『新潟日報』, 2005-10-27.
9. 「新潟交通 バス整備業務を委託 ヤマト運輸系と新会社」『新潟日報』, 2006-11-15.
10. 「パワーズフジミ破産 負債 27 億円 社員 180 人解雇」『新潟日報』, 2013-05-11.
11. 『有価証券報告書 2017 年 3 月期』(図表 1 に示された全 28 社).
12. 『有価証券報告書 2013~2017 年 3 月期 新潟交通株式会社』.
13. 『EDINET』<<http://disclosure.edinet-fsa.go.jp/>>, (2017-12-27 閲覧).
14. 『神鉄食彩館～神鉄エンタープライズ～生鮮スーパー 店舗案内』
<<http://www.shintetsu-ep.co.jp/shopguide.html>>, (2017-12-27 閲覧).
15. 『相鉄ローゼン 会社案内』<<https://www.sotetsu.rosen.co.jp/company>>, (2017-12-27 閲覧).
16. 『東急ストア 会社概要』<<http://www.tokyu-store.co.jp/company/>>, (2017-12-27 閲覧).
17. 『東証上場会社情報サービス | 日本取引所グループ』
<<http://www.jpx.co.jp/listing/co-search/index.html>>, (2017-12-27 閲覧).
18. 『どことレ』<<http://doko-train.jp/>>, (2017-12-27 閲覧).
19. 『マダムジョイ 店舗のご案内』<<http://www.madamjoy.jp/shop/rakurakuen.html>>, (2017-12-27 閲覧).

IoT による地盤沈下監視への適用
Application for Monitoring of Land Subsidence with IoT
河原和好¹

要旨

昨今 IoT (Internet Of Things : モノのインターネット) という言葉を目にする機会が多くなっており、今後の発展も見込まれている。IoT はモノと、マイコン、センサ、通信技術を要素としている。

IoT を地盤沈下監視分野への適用可能性を検証するための、新潟県保健環境科学研究所情報調査科と共同研究を行うこととなった。

本報告では、IoT の現状および共同研究の内容の報告をするともに、現状と今後の展開について述べる。

キーワード : IoT、センサ、Arduino、地盤沈下

1. はじめに

IoT (Internet Of Things : モノのインターネット) という言葉を目にする機会が多くなっていく。総務省情報通信白書[1]によると、2016 年時点でインターネットにつながるモノ (IoT デバイス) の数は 173 億個であり、2015 年時点の 154 億個から 12.8% 拡大している。2016 年を起点に 2021 年までに年平均成長率 15.0% とさらに加速し、2020 年は約 300 億と拡大する見通しである。

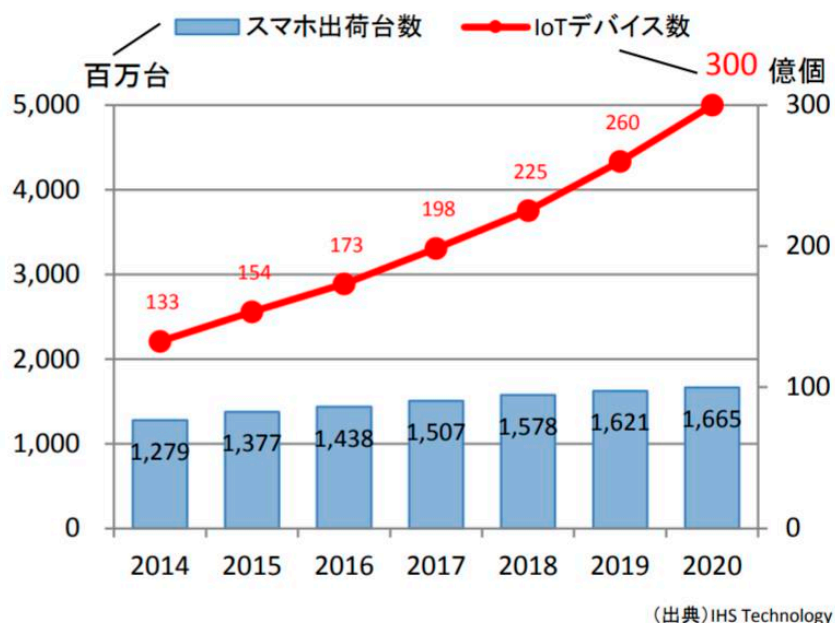


図 1 世界の IoT デバイス数とスマホ出荷台数の推移及び予測[1]

¹ Kazuyoshi Kawahara 情報システム学科

本学においては、情報処理演習においてマイコンボード Raspberry Pi を用いた演習を行うなど、IoT を用いた学習に対応している。また、研究室においても、Raspberry Pi や後述する Arduino を用いた卒業研究を行っており、2016 年度には新潟県 IT&ITS 推進協議会が主催する「にいがた暮らし IoT アイデアコンテスト 2016」[2]に応募し、書類審査を通過しデモンストレーションを行った[3]。

コンテストのデモンストレーションの際、新潟県保健環境科学研究所[4]（以下、保環研）の方と接点を持つことができ、提案を頂いたことで、地盤沈下の監視に IoT を使うための実証実験の共同研究を行うこととなった。

本稿では、注目されている IoT の現状と、共同研究の内容について述べ、さらに今後の展開について報告する。

2. IoT

IoT とは、Internet of Things の略語であり「モノのインターネット」と訳される[5,6]。基本的に、あらゆる「モノ」が対象であるが、「何をどのようにネットワークに接続するか」を考える必要がある。そして、「モノの接続」によって、そこに何らかの価値が生まれる。応用分野としては、工場などの製造分野や流通分野、自動車産業、ヘルスケア部門、家庭内など、多岐にわたっている。

概念はインターネット黎明期から存在していたが、技術の進歩に伴い、本格的な IoT を実現できる以下のような土壌が整ったからであると言われている。

1. 半導体技術の進歩による「マイコン」および「マイコンボード」の高性能化・低価格化
2. スマートフォンにおける大量需要により、高性能かつ低価格を実現した「センサ」の登場
3. 小型デバイスの通信に適した通信環境などのインフラが整い、収集したデータを解析するためのクラウドなどの環境が整った

以下でこれらの要素について述べる。

2.1 マイコン

「マイコン」はもともと「マイコンピュータ」の略語であったが、現在は「マイクロコントローラユニット」(Micro Control Unit, MCU)を表している。現状としては 8~16bit の組み込み向け「ワンチップ・マイコン」が用いられ、Microchip「PIC シリーズ」や Atmel「AVR シリーズ」、ARM「Cortex-M シリーズ」がよく用いられている[5,6]。

2.2 センサ

「センサ」とは、自然現象や人工物の様々な状態（物理現象）、情報（空間や時間）を、何等かの科学的原理を応用して読み取り、人間や機械が扱いやすい別媒体に置き換える装置のことである。コンピュータにとって、人間における目や耳などの五感（またはそれ以上）に相当する[5,6]。

センサの計測対象としては、以下のようなものが挙げられる。

- ・ 機械量：加速度、角速度、圧力、質量など
- ・ 変位量：位置（距離）、速度など
- ・ 熱：温度、熱量など

- ・ 電磁波：電磁波（光）の波長、強さなど
- ・ 電気：電流、電圧、電力、電界、抵抗など
- ・ 科学量：物質成分や濃度など

2.3 通信技術

通信技術はセンサとマイコンボード間およびマイコンボードとクラウド間で必要となる[6]。近距離から遠距離までのネットワークが必要となり、以下に挙げる技術が用いられている。

- ・ **Bluetooth**：数十 kbps から数 Mbps の通信速度があり、IoT では BLE(Bluetooth Low Energy)と略される低消費電力の規格が用いられる。
- ・ **ZigBee**：省電力かつ長距離で通信が可能な無線規格。数十 kbps であるが、数km離れていても通信可能なものもある。
- ・ **3G / 4G / WiMAX**：いわゆる携帯電話で使われる移動体通信であり、地下などの一部をのぞいて日本中どこでもインターネットに接続することが可能である。月額費用が必要となる。
- ・ **Wi-Fi**：いわゆる無線 LAN であり、802.11 a/b/g/n/ac と様々な規格が存在する。数 Mbps から数 Gbps までの高速通信が可能であるが、消費電力が高いため IoT では多くの通信には適していない。直接インターネットに接続できるため接続は容易である。

また、センサから収集したデータの保存や解析のためには、クラウドサービスが必要となる。様々な機能が提供されているが、基本的な機能としては、ストレージ、データベース、データ解析基盤、ウェブサーバが必要となる。

その他にも、要求される機能に応じて様々な API(Application Interface)が必要となり、メール送受信、地図へのマッピング、グラフ作成など、様々な API が提供されている。

3. 地盤沈下とその観測

地下水をくみ上げることにより地盤沈下は引き起こされるが、工業用、上水道用とともに、近年では消雪用の地下水くみ上げが原因となっている[7]。新潟県においては、上越地域において顕著となっており、昭和 59 年から 61 年において 3 年連続の豪雪に見舞われたため、消雪用地下水のくみ上げが増加し、全国ワースト 1 位から 3 位の地盤沈下が生じた。このため、従来の工業用や上水道の規制から消雪用を重点とした地盤沈下対策が新潟県において展開されることとなった。同様に、消雪用くみ上げが多い地域である長岡地域、柏崎地域、南魚沼地域でも地盤沈下が見られたため観測が行われている。新潟・新発田地域では、昭和 30 年代には、年間最大沈下量が 54cm にも及ぶ著しい地盤沈下が起こったが、水溶性天然ガスの採取規制の実施などによって、昭和 50 年代以降は一部の地域を除いて全体的に沈静化してきている。しかしながら新潟地域は、信濃川や阿賀野川などの大河川や内陸部の広大な農地を有し、しかも広範囲のゼロメートル地帯を有する地域であることから、地盤沈下対策を継続していく必要がある。

保環研においても、県内において地盤沈下が生じた地域に設置してある地盤沈下観測井を監視し、地下水位及び地層収縮量のデータ集計を行い、その原因調査や地盤沈下防止のための調査を行っている。

地盤沈下観測井では、水位センサと収縮センサを用いて地下水位を計測している。それぞれのセンサは以下のとおりである（図 3-1）。

水位センサ[8]

- ・ 形式 ノースワン(株) KDC-S10-STM/N20-30
- ・ 測定推進スパン 20m
- ・ 出力電圧 50mV

収縮センサ[9]

- ・ 形式 (株)共和電業 DTH-A-50
- ・ 測定収縮スパン 50mm
- ・ 出力電圧 20mV 以下

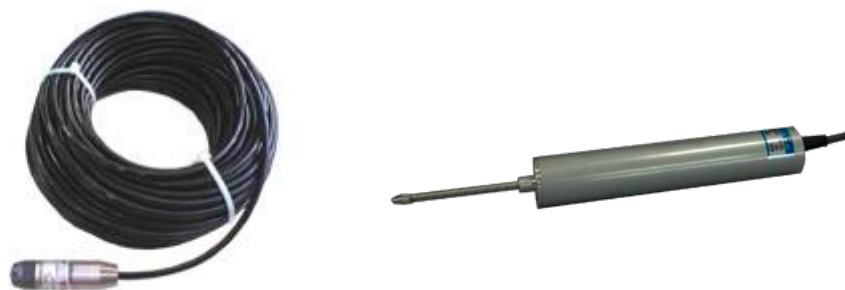


図 3-1 水位センサ(左)および収縮センサ(右)[8,9]

観測データは SD カード等に記録され、当該データを保環研に送付しており (図 3-2)、回収されたデータを解析・集計し、年度ごとに公表している。

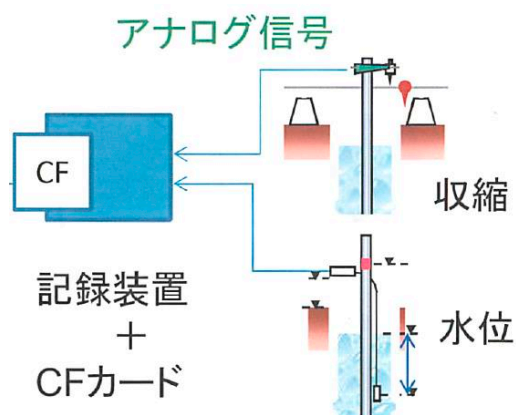


図 3-2 現在の地盤沈下観測体制

4 本研究の内容

これまでの方式を改良し、観測データを IoT により Web サーバ等に送信する方法を研究する (図 4-1)。センサにより地盤沈下を観測し、そのデータをマイコンボードに入力して処理し、3G 回線を通してサーバに転送する。これにより、保環研の職員がリアルタイム監視を行うことが可

能となる。

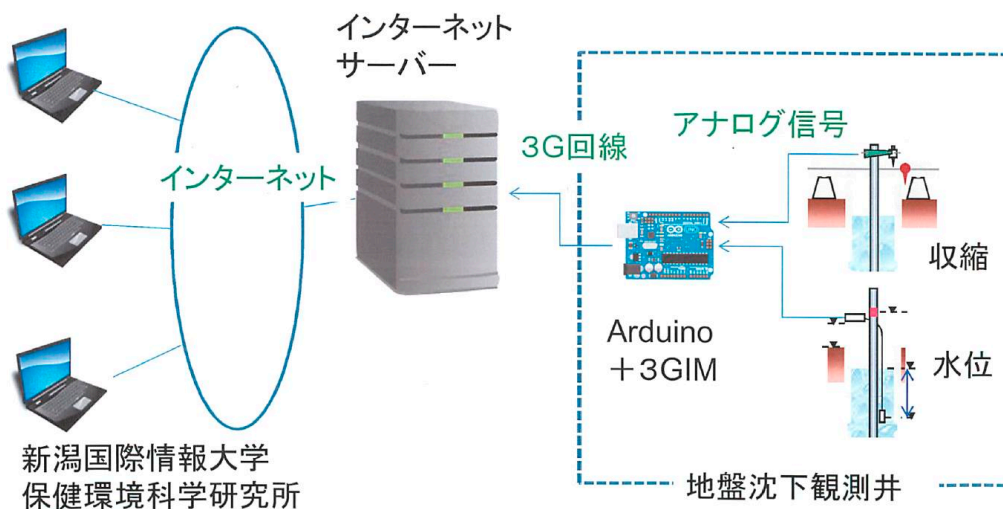


図 4-1 実証実験のイメージ

4.1 ハードウェア

前述の通り IoT における要素であるマイコン、センサ、通信技術について、本研究で使用するものを説明する。

4.1.1 マイコン

Atmel「AVR シリーズ」であり、普及している「Arduino」(アルドゥイーノ)を用いる[10]。オープンソースで開発される小型マイコンボードおよびその開発環境を含めたシステムである。シンプルな開発環境である「Arduino IDE」や様々なライブラリを用いることが出来る。「シールド」とよばれる機能拡張ボードを用いることで、簡単に機能の拡張が可能である。実験用環境としては、もっとも基本である「Arduino Uno」の互換ボードを使用する(図 4-2)。

入出力端子があり、デジタル出力、アナログ出力、デジタル入力、アナログ入力、シリアル通信が可能である。

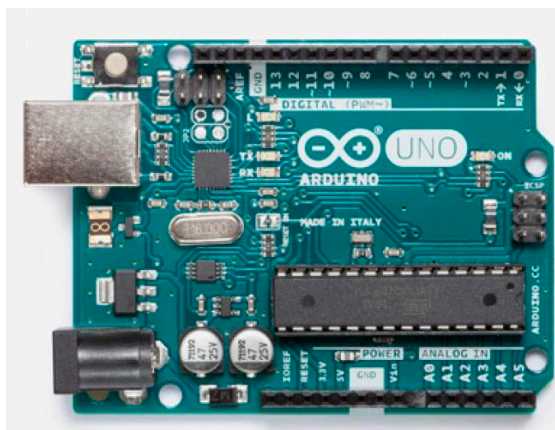


図 4-2 Arduino Uno[11]

4.1.2 センサ

実験用として、以下の仕様の収縮（沈下）計を用いる（図 4-3）。

(株)日さく NLS2[12]

- ・ 測定範囲 0～100mm
- ・ 印加電圧 5V(DC)以内
- ・ 出力電圧 0～5V 以内
- ・ 抵抗値 5k Ω
- ・ 測定精度 $\pm 0.1\text{mm}$ 以内

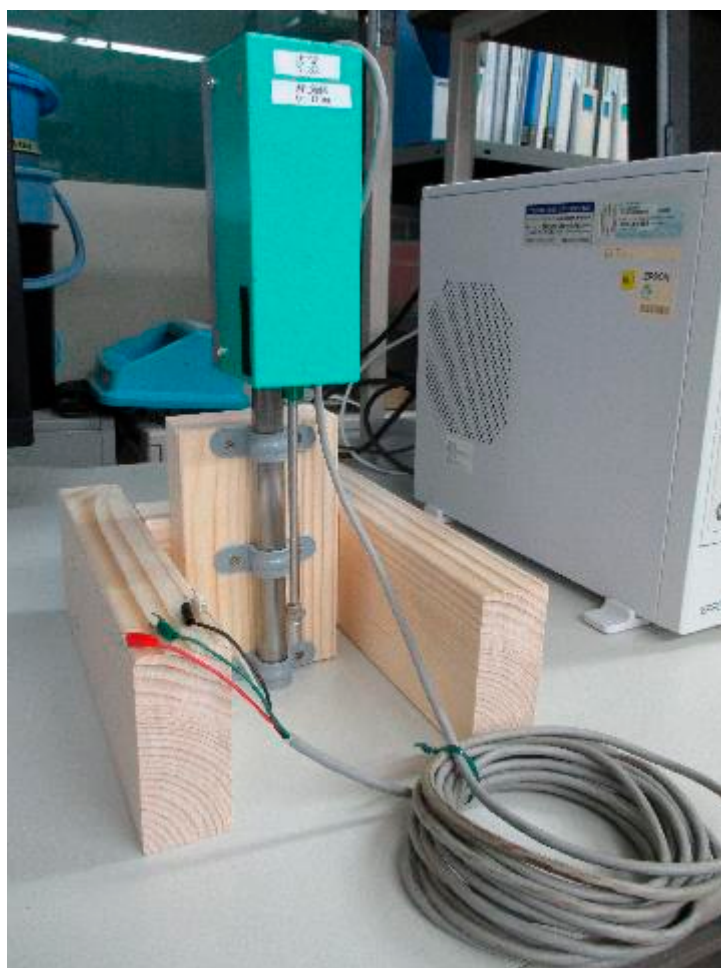


図 4-3 収縮計

この収縮計を、前述のマイコンボード Arduino のアナログ入力端子に接続し、収縮量を読み取る。

4.1.3 通信技術

3GIM V2.1 モジュール[13]および 3GIM シールド[14]をマイコンボード Arduino に接続する

ことにより、3G 通信できるようになる (図 4-4)。

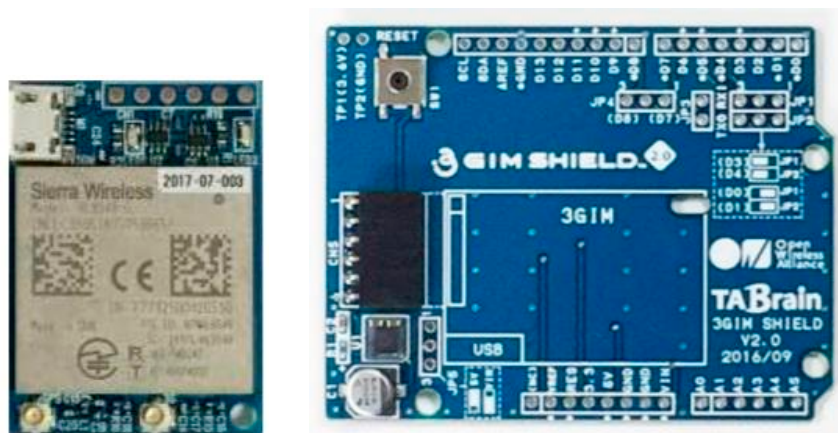


図 4-4 3GIM モジュール及び 3GIM シールド

SIM カードが必要となるが、実験用としてはこれまで研究用に使用していた 0SIM[15]を実験では用いる。これは月 500MB まで無料で使える SIM カードである。

4.2 ソフトウェア

センサから入力を読み込み、3GIM モジュールでサーバ等に送信するプログラム作成には、前述の「Arduino IDE」を用いる。シンプルで扱いやすい IDE (統合開発環境) で、プログラミング言語は C 言語をベースにした独自の専用言語である。

Arduino からサーバに送信するデータ形式は JSON 形式とし、測定日時とデータのセットとする。

ウェブサーバは BaaS (Backend as a Service) を利用して実験を行う。Milkcocoa[16]の無料プランまたは M2X[17]を用いる。これらの仕様は以下のとおりである。

- ・ Milkcocoa 無料プラン
 - 保存データの上限 : 100,000
 - 最大同時接続数 : 20
- ・ M2X (無料)
 - 保存データの上限 : 100,000
 - 最大同時接続数 : 10
 - グラフ化も可能

4.3 現状と今後の展開

現状としては、3GIM モジュールの動作確認を実施している。これと並行して、Baas を利用したデータの送受信の実験を行っている。

謝辞

本研究は新潟県保健環境科学研究所情報調査科との共同研究であり、機材の提供もしていただいている。ここに感謝の意を表します。

参考文献

1. 総務省, 平成 29 年版情報通信白書, <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/h29.html>
2. 新潟県 IT&ITS 推進協議会, にいがた暮らし IoT コンテスト 2016, <http://www.n-it-its.jp/act/2016/07/>
3. 新潟県 IT&ITS 推進協議会, にいがた暮らし IoT コンテスト入選, 猿から畑を守る「サルサーレ!」, <http://www.n-it-its.jp/act/2017/03/post-12.html>
4. 新潟県保健環境科学研究所, <http://www.pref.niigata.lg.jp/hokanken/index.html>
5. 工学社, 瀧本往人, 『基礎からわかる「IoT」と「M2M」』, 2016
6. 秀和システム, 蔵下まさゆき, 『センサーでなんでもできる おもしろまじめ電子工作』, 2016
7. 新潟県, 環境対策課, 上越地域における地盤沈下, <http://www.pref.niigata.lg.jp/kankyotaisaku/1331240497754.html>, 2017
8. ノースワン(株), <http://www.north-one.net/>
9. (株)共和電業, <http://www.kyowa-ei.com/jpn/>
10. CQ 出版社, 神崎康宏, 『Arduino で計る, 測る, 量る』, 2012
11. Arduino プロジェクト公式サイト, <https://www.arduino.cc/>
12. (株)日さく, <http://www.nissaku.co.jp/>
13. (株)タブレイン, 3GIM モジュール, <http://tabrain.jp/new/product/3GIM.html>
14. (株)タブレイン, 3 GIM シールド, http://tabrain.jp/new/product/3GIM_SHIELD.html
15. ソニーネットワークコミュニケーションズ(株), 0SIM, <http://mobile.nuro.jp/0sim/>
16. Milkocoa, <https://mlkcca.com/>
17. AT&T, M2X, <https://m2x.att.com/>

National Culture Competencies and Foreign Subsidiary Staffing : A Typology of Boundary Spanners

ORSINI Philippe* · UCHIDA Toru†

Abstract

Traditional categorization of foreign subsidiaries' (top) managers has been dominated by the PCN-HCN (parent country national - host country national, i.e. "expatriate" versus "local") nationality-based dichotomy. This dichotomy was complemented by the TCN(third country national). Then, in 1997, appeared the SIE(self-initiated expatriate), as opposed to the OE (organizational expatriate). Here, the new categorization criteria was the initiator of the relocation: organization or individual. In this paper we propose a categorization based on a specific set of skills: national culture competencies. We believe that this typology is more relevant to understand cultural boundary spanners and their roles, motivations and performance at multiple hierarchical levels within the subsidiary (as opposed to looking only at top managers).

Keywords : boundary spanners, cultural competencies, foreign subsidiary staffing,
organizational culture, self-initiated expatriate

Introduction

Traditionally, multinational organizations have been sending “expatriates” (parent country nationals, PCNs) to staff positions abroad that could not be filled by the “locals” (host country nationals, HCNs). While organizational culture knowledge is the main relative competence contributed by traditional expatriates, host country knowledge, including its language and culture is the main relative competence contributed by local employees. The expatriate (PCN) contributes an organizational culture knowledge, while the local employee (HCN) contributes a national culture knowledge.

One reason why the expatriate is relatively abler to understand and assimilate his organization's culture is that both the expatriate and the organization were born and grew in the same (parent) national culture. It is however possible for a host country national to catch up with the expatriate in his knowledge and experience of the parent country culture,

* Nihon University

† Niigata University of International and Information Studies

notably by living, and studying or working there. This is the case, for instance, of HCNs who were previously located in the organization's parent country, either as a trailing child to expatriated parents, as foreign student, as an inpatriate (an employee of a multinational company who is from a foreign country, but has been transferred (most of the time temporarily) to the headquarters or as self-initiated expatriate (SIE). Conversely, a PCN who has a similar experience in the host country also grows a bicultural competency. People born to parents coming each from one of the two countries, parent and host countries, are also naturally in a position to develop bicultural competencies (note: it is difficult to categorize them as PCN or HCN). If national culture competency is often related to citizenship, it is not necessary the case: a person can hold the citizenship of a country while having almost no knowledge about it (for instance somebody born in a jus soli country but who grew up in a culturally distant other country). Enculturation, the acquisition of the language and of the culture of a given country (more exactly a nation, but the two words are used interchangeably in this paper) can happen early, as a child, or in a later life stage. Cultural characteristics due to early enculturation have been shown to manifest in behavior (Caudill and Weinstein, 1969). Late cultural acquisition (note: it is not clear if it still can be called enculturation) may happen as a teenager (who becomes interested in another culture and / or its language), as a young adult (who has relocated in a host country to study and / or work), or even at a more advanced age. The timing of enculturation – early or late – is assumed to result in a different type of enculturation: while an early timing results in a “deeper” enculturation, a late timing results in a more “relative” enculturation. Relativeness, in the case of a late enculturation, is due to the fact that, as a second culture, the host culture is understood through the prism of the culture(s) acquired earlier. It is also possible that two (or more) cultures are both acquired at the same timing (usually an early timing, as for instance in the case mentioned earlier of two parents of different nationalities).

In the following sections, we review the literature on cultural competencies, the literature on expatriation motivations and adjustment and their consequences on individual and organizational performance. We conclude with a typology of foreign subsidiaries' employees along their national culture competencies that we believe has the potential to explain motivations, adjustment and performance.

National Culture Competencies

Being familiar with and competent in a set of national cultures is a career competency. Even if it is not always the case (Brannen et al., 2009), most people have at least been enculturated in one dominant national culture, their parent country culture. Third-Culture

Kids (Useem and Downie, 1976) are children who have spent years living abroad with their expatriated parents and have been exposed to a second culture (biculturalism) or to multiple cultural influences (multiculturalism). Children born from parents of different nationalities have also been exposed, to varying degrees, to at least two cultures. Hanek et al. (2014; 75) have shown that “people who first moved to a foreign country at a relatively younger age and moved to relatively more countries over their lives constituted a distinct subset of multicultural individuals”, notably because they are, counterintuitively, less culturally adaptive. In the introduction, we have already discussed the people who have become involved with a second culture at a later age.

The Relation between National Culture Competencies and Other Competencies

Organizational Culture

An organization’s culture comes from several sources such as its founders, its leaders, its history, or earlier decisions that lead to impressive results and hence became organizational values. However, since most organizations have roots in a single country, parent country national culture competency, at the individual level, can also be understood as a competency in an organization culture. Furthermore, expatriates who have had assignments in numerous different countries and have gone back and forth repeatedly to and from the headquarters may have an understanding of the organization’s culture that differ from the view of the employees who have spent their all careers at the headquarters or in the parent country’s sites. Repeat expatriates, those who have been on multiple assignments abroad, have a view of the organizational culture that is not limited to the viewpoint of its (allegedly) central node, the headquarters, from where the organization’s culture is supposed to emanate. Through their assignments abroad, they have witnessed variations in this culture and are abler to relativize the organizational culture *at* the headquarters. A parallel can be drawn with the knowledge of more than one national culture: it is the knowledge of others that allow for comparison and, hence, relativizing or metacognition (Chua et al., 2012).

Other Competencies

Beyond these two types of cultural competencies – national and organizational –, employees are also expected to possess some other competencies such as technical ones (for instance: functional, industry, technology, etc...) or human and communication skills (for instance: conscientiousness, leadership, ability to work with a team, etc...). As for the organization culture competency, these other competencies are however also shaped by national culture: for instance, marketing and leadership skills are not the same everywhere.

Cultural Competencies and Extant Categorization of Foreign Subsidiary Employees

Until the 1997 seminal paper by Inkson et al., employees of the foreign subsidiaries of multinational companies had been classified into three categories: the PCNs, the HCNs, and the TCNs. However, only the first two categories were at the core of research on international human resource management. Then, with Inkson et al. (1997) emerged a field of study focused on the SIEs, expatriates who did not relocate with company sponsorship but on their own agency. From its inception, this new category, the SIEs, has been a basket of diverse profiles, from young people with no job when they relocated (the job seekers) to trailing spouses, officials, or international professionals (with technical expert profiles resembling those of the TCNs) (Suutari and Brewster, 2000). Among the six subgroups proposed by Suutari and Brewster (2000), only a small (7%) one, the Localized Professionals, may have developed host country cultural competencies: the Young Opportunists and the Job Seekers are too new to the host country to have developed a work-related cultural competency. The Officials and the Dual Career Couples are expected to be or to follow traditional expatriates, whose assignments are too short to develop and then make use of a local competence. Lastly, the International Professionals, sheltered by their technical expertise, do not need to develop a cultural expertise.

The Consequences of National Competencies

Reasons / Motivations to Relocate

Froese (2012) summarizes the research into motivations to expatriate in three categories: motivations to expatriate in general, motivations to expatriate specific to the organizational expatriates, and motivations to expatriate specific to the SIEs. He concludes that the socio-economic push/pull model might better explain the motivations to relocate abroad. Factors explaining why people go overseas are at two levels: individual (e.g.: interest in internationalism and new experiences) and environmental (e.g.: poor employment situations at home). At the individual level, already acquired cultural competencies (e.g.: language) may act as push factors to motivate those who have them to relocate in countries where they can make use of these specific cultural competencies. At the environmental level, we argue that, rather than considering independently the two countries (parent and host) it would be more relevant to consider them as pairs. First, the larger the cultural distance between the two countries is, the more valuable is the potential contribution of the individual with bicultural competencies, and hence his motivation to relocate. Second, the bilateral relations

(especially the political ones) between the two countries are also expected to influence the reasons to relocate (both positively or negatively). Third, and it is related to the second point, the image of the parent country in the host country is also expected to be a source of motivation. For instance, the inroads made by Korean and Japanese cultures in Asia could be a positive factor, while the diplomatic tensions between these countries can act as demotivating factor. Fourth, the number of competitors, that is the number of people with similar bicultural competencies, is also assumed to be a reason to relocate or to not relocate. These competitors can be fellow parent country nationals knowledgeable about the host country, host country nationals with cultural competencies in the parent culture, or people raised in the two cultures. A fifth factor is the demand for those competencies in the host country. This can be measured by the stock of direct foreign investments from the parent country to the host country but it also depends on what are the related activities.

Adjustment and Performance

The performance of a foreign subsidiary's employee can be measured at the individual level (adjustment) and at the organizational level. The individual level has been researched and, unsurprisingly, SIEs have shown higher level of adjustment (Peltokorpi and Froese, 2009). The organizational level itself can be at the site level, at the country level, at the regional level, or at the global level. It may be difficult to distinguish between the influence of cultural competencies and the influence of other competencies on the performance of an individual, then to evaluate the impact of this person's performance on the above mentioned four organizational layers. Cultural competencies, especially bicultural ones, are expected to have more impact at the site or country level than at the global level. However, the activities of the focal subsidiary and its role in the global network of its parent organization may be central to the whole organization's performance (Birkinshaw and Hood, 1998).

Conclusion

Table 1 highlights the multiple types of employees with high competencies in both parent and host countries' cultures: they can be both PCNs (the long term foreign residents, whatever their status or contract with the organization) and HCNs (knowledgeable of the parent country culture, either because they studied there or because they worked there). Traditionally, literature on foreign subsidiary staffing has been attributing a single nationality to each employee (manager) of a foreign subsidiary. If citizenship may be limited to a single one by law (as for adults in Japan), nationality, when used to refer to an ethnic group (people sharing a language and a culture) can be multiple. The same reasoning

applies also to host country companies employing foreign executives, the FELOs (foreign executives in local organizations) (Arp, 2013).

For boundary spanning roles that do not require technical competencies or work experience, Suutari and Brewster’s (2000) SIE subgroups of Job Seekers and Young Opportunists could be the optimal talent pools if they do have bicultural competencies. This is notably the case of parent country nationals who have been studying in the host country, or, but maybe at a lesser degree, of parent country nationals who have been studying host country’s language and culture in their parent country.

Conversely, a job in a foreign subsidiary, even if not necessitating a technical expertise, does not necessarily require a boundary spanning role. For instance, Furusawa (2017) reports how Japanese SIEs in China working for Japanese companies are essentially valued because of their “Japaneseness” (i.e. their parent country cultural competence), this competency facilitating business relations with other Japanese companies and individuals also located in China. The host country (China) culture competence of these Japanese SIEs, that is their familiarity with Chinese language and culture, hence their capacity to bridge the two cultures, is not much valued. This example is another illustration of the necessity to pair countries in this line of research.

Table 1: Typology of foreign subsidiary employees along their national culture competencies

Parent Country Culture Competency Host Country Culture Competency	Lo	Hi
	Hi	HCN
Lo	TCN	PCN (traditional short-term expatriate)

Acknowledgements

This work was supported by JSPS Grants-in-Aid for Scientific Research (KAKENHI) #15K13041.

References

Arp, F., Hutchings, K. and A. Smith, W. (2013). Foreign executives in local organisations. *Journal of Global Mobility: The Home of Expatriate Management Research*, 1(3), pp.312-335.

Birkinshaw, J., & Hood, N. (1998). Multinational subsidiary evolution: Capability and charter change in foreign-owned subsidiary companies. *Academy of management review*, 23(4), pp.773-795.

Brannen, M., Garcia, D. and Thomas, D. (2009). Biculturals as natural bridges for intercultural communication and collaboration. *Proceeding of the 2009 international workshop on Intercultural collaboration - IWIC '09*.

Caudill, W. and Weinstein, H. (1969). Maternal Care and Infant Behavior in Japan and America. *Psychiatry*, 32(1), pp.12-43.

Chua, R. Y., Morris, M. W., & Mor, S. (2012). Collaborating across cultures: Cultural metacognition and affect-based trust in creative collaboration. *Organizational behavior and human decision processes*, 118(2), pp.116-131.

Froese, F. (2012). Motivation and adjustment of self-initiated expatriates: the case of expatriate academics in South Korea. *The International Journal of Human Resource Management*, 23(6), pp.1095-1112.

Furusawa, M. and Brewster, C. (2017). Japanese self-initiated expatriates as boundary spanners in Chinese subsidiaries of Japanese MNEs: Antecedents, social capital, and HRM practices. *Thunderbird International Business Review*, Early View.

Hanek, K., Lee, F. and Brannen, M. (2014). Individual Differences Among Global/Multicultural Individuals. *International Studies of Management and Organization*, 44(2), pp.75-89.

Inkson, K., Arthur, M., Pringle, J. and Barry, S. (1997). Expatriate assignment versus overseas experience: Contrasting models of international human resource development. *Journal of World Business*, 32(4), pp.351-368.

Peltokorpi, V., & Froese, F. (2009). Organizational expatriates and self-initiated expatriates: who adjusts better to work and life in Japan? *The International Journal of Human Resource Management*, 20(5), pp.1096-1112.

Suutari, V. and Brewster, C. (2000). Making their own way: international experience through self-initiated foreign assignments. *Journal of World Business*, 35(4), pp.417-436.

Useem, R.H. and Downie, R.D., (1976). Third-Culture Kids. *Today's Education*, 65(3), pp.103-105.

「限定された倫理性」から考察されるコーポレート・ガバナンス

—現代の大企業で実施されている会計監査の弱点—

Corporate Governance from the Perspective of the Bounded Ethicality

山本靖*・内田亨†

要約

規範的企業倫理では、良心を持つ人が理性に従って判断し、倫理的行動することが前提条件となっている。仮にもし、良心を持つ人が悪意なしに意図せずして非倫理的行動に出してしまう行為があるならば、規範的企業倫理ではその行動パターンが存在を見落としてしまう。一方、規範的企業倫理を補完する行動的企業倫理は、意図せずして非倫理的行動に出る人の心理現象と心理プロセスの解明に焦点を絞っており、これからのコーポレート・ガバナンスには有効なアプローチである。意図せずして非倫理的行動に出る行為を、行動的企業倫理では「限定された倫理性」という概念で説明し、「限定された倫理性」を引き起こす状況要因について本論で検討した。そして、その「限定された倫理性」の要因の中で、ビジネス上の利益相反に関係している現象である「動機付けられた見落とし」について焦点を当て、現代の大企業で実施されている会計監査の弱点を指摘し、この行動的企業倫理で展開されている対策案について述べる。

キーワード：限定された倫理性、コーポレート・ガバナンス、規範的企業倫理、行動的企業倫理、会計監査

1. はじめに

企業におけるコーポレート・ガバナンス改革の目的のひとつに、不祥事防止があげられる。そのため反倫理的な違法行為を制御するためコンプライアンス経営が行われる。しかし、どんなに制度設計し、形を整えてもその中に魂が入っていなければ機能しない。こうした根源的問題に対応するためには、ルール整備とともに倫理基盤の確立が不可欠である¹。

2007年の米国のサブプライム住宅ローン危機を発端としたアメリカの住宅バブルが崩壊した。これに連鎖してリーマン・ブラザーズ証券の倒産による国際的な金融危機が起こった。ベイザーマン他(2013)は、この原因として次の通り二面性を指摘している²。一つはウォール街を中心とした金融企業と監査企業にいる、性根の腐った人が引き起こした不正や悪事である。利己的な人たちが明白な違法行為に手を染めたことが危機の一因になったことは間違いない。もう一つはアメリカの金融システムそのものである。金融関連の制度、法律、規制に欠陥があったからこそ、そこに原因があるとの主張である。しかし、この二つの原因によって金融危機を完全に説明することはできない。それはなぜか。それは、害のない行動を取っているつもりでも結果的に倫理に反することをしてしまった人たちが大勢いたからである。つまり、良心を持つ人が意図せずして働く不正や悪事、すなわち悪意なしに非倫理的行動の存在を見落としているからである。ベイザーマン他(2011)は、意図せずして非倫理的行動に出る人の心理現象と心理プロセスを把握しなければ、企業倫理の基盤となる制度の設計や運用に経営資源を投入しても水疱に帰してしまうと述べている³。水村(2013)によれば、こういった意図せずして非倫理的行動に出る人の心理現象と心理プロセスの解明に焦点を絞る企業行動倫理研究の内容は、企業倫理の基盤となる制度の再設計に臨むうえで示唆に富

* Yasushi Yamamoto 山本靖&アソシエーツ 代表

† Toru Uchida 新潟国際情報大学情報文化学部情報システム学科教授

むと記述されている⁴。

また、バイザーマン他(2011)は、次の通り述べている⁵。

非倫理的行動に結びつく無意識の認識パターンは、倫理に対する旧来の考え方の枠外にあるものだ。行動倫理学は「限定された倫理性 (bounded ethicality)」という概念を持ち込むことにより、非倫理的行動に結びつく無意識の認識パターンに光をあてられる。「限定された倫理性 (bounded ethicality)」とは、倫理的に振る舞おうという意図はあるのに、実際には倫理に反する行動を取ってしまうような現象を生み出す原因である。こうした行動倫理学の視点を取り入れないかぎり、有効な倫理教育はおこなえない。とくに、人が意思決定をおこなうときに「限定された倫理性」がどのように発揮されるのかを知っておく必要がある。具体的には、人間の頭脳がどのように倫理上のジレンマに向き合い、意思決定をおこなうかに影響を及ぼすさまざまな要因を理解すべきだ。

つまり、従来の規範倫理学中心の議論を批判的にとらえ、行動倫理学における「限定された倫理性」の重要性を説いているのである。

また、鈴木(2015)も企業活動にともなう倫理的な論点を明らかにするためには、個人、組織の意思決定における「限定された倫理性」の分析が必要であると述べている⁶。そしてそれらを踏まえて企業がどのような施策をとるのかという重要性を説いている。なぜならば規範倫理学と行動倫理学は相互に補完関係にあるからである。

そこで本論では、まず企業における規範倫理(規範的企業倫理)ならびに企業における行動倫理(行動的企業倫理)の特徴とその差異について簡単に述べる。次に「限定された倫理性」について議論されてきた概念ならびに、「限定された倫理性」を引き起こすと考えられる状況要因について述べる。そしてこれら要因の中でビジネス上の利益相反に関係している現象、すなわち「動機付けされた見落とし」という概念に注目して、現代の大企業で実施されている会計監査の弱点を指摘する。

2. 規範的企業倫理と行動的企業倫理

数多くの企業が倫理的な組織を築こうと、倫理基準、倫理教育、社内監査などの導入に多大な時間と費用をかけているが、不祥事や不正行為は後を絶たないと、バイザーマン他(2011)は述べている⁷。倫理基準、倫理教育、社内監査に対する企業倫理では、まず規範的企業倫理によるアプローチが企業で検討されるのが一般的である。規範的企業倫理とは、具体的・実質的規範の定立にまで踏み込む倫理である。定立とは肯定的な命題を立てることであり、例えば、「人種差別は悪である」、「嘘は悪である」、「セクハラは悪である」、「パワハラは悪である」、「政財官の贈収賄は悪である」といった命題を立てることである。そして規範倫理ではその命題を正しいと肯定的に主張することである。日本の企業ならびに日本の企業が係わる社会において、規範的企業倫理の一般的な定立、「不法行為や不正行為は悪である」は誰ももがその命題を正しいと主張するであろう。

一方、規範的企業倫理に対して、行動的企業倫理によるアプローチが近年注目されつつある。鈴木(2015)は、行動倫理学のアプローチの視点から飲食サービス業におけるメニューの不正表示問題^(注1)を起こした要因を明らかにした⁸。鈴木(2015)によれば、規範倫理学の前提とは異なる個人や組織による非倫理的な行動の把握やそれへの対策に果たす行動倫理学のアプローチの役割は、高まる可能性があることを飲食サービス業におけるメニューの不正表示問題は示していると主張している⁹。さらに、行動倫理学が規範倫理学を補完し、今後の企業倫理研究の一定の役割を果たしていくものといえると述べている¹⁰。

ここでバイザーマン他(2013)が述べた規範的企業倫理と行動的企業倫理の違いを簡単に整理して表1に

まとめた。まず規範的企業倫理では、良心を持つ人が理性に従って判断し、倫理的行動することが前提条件である。一方、行動的企業倫理では、人は理性に従って判断し、行動するとは限らないことが前提条件となっている。つまり、行動的企業倫理では、良心を持つ人が悪意なしに意図せずして非倫理的行動に出る行為も前提条件の対象として含まれる。なお、上記で述べた行動的企業倫理においては、倫理的価値観について議論の対象としていない。それは規範的企業倫理に委ねているからである。

表1 規範的企業倫理と行動的企業倫理の違い

	規範的企業倫理	行動的企業倫理
前提条件	人は理性に従って判断し行動する	人は理性に従って判断し行動するとは限らない
分析対象	企業組織における個人の判断や行動が拠るべき基準としての価値や規範	意図せずして非倫理的行動に出る人の背後要因
知見	企業人の判断と行動を正しく導く理性・良心・個人の道德意識の必要性	企業倫理の基盤となる制度の実効性を高める予防措置を講じる必要性

出所 ベイザーマン他(2013)pp. 1-32 を参考に筆者作成

ベイザーマン他(2013)が考える行動的企業倫理には次の三つのパターンがある¹⁾。まず一つ目は、「自分自身の倫理的価値観を自覚し、倫理的行動をとる」パターンである①。このパターンは一般的には普通の行動であり、当たり前と考えられる行動パターンである。二つ目は、「自分自身の倫理的価値観を自覚しているにもかかわらず、非倫理的行動をとる」パターンである②。このパターンも世の中ではありがちな行動である。三つ目のパターンは、「自分自身が自覚している倫理的価値観を自分でも気付かずに(無意識で)、非倫理的行動をとる」というものである③。①でも②でもない③の行動パターンは危険であり手に負えない、とこの行動パターンを議論の中心に据えている。この③の行動パターンを「倫理の死角 (Blind Spot)」と言う。

③の行動パターンの幾つか例証として、組織と政府による非倫理的行動の増幅が指摘されている。一つは、たばこ産業における、たばこ企業、医師、そして政府の行動パターンである。世の中の多くの人が喫煙の悪を知っている。それは健康被害と、その健康被害による様々な大きな経済損失である。二つ目は、米国の総合エネルギー会社エンロン株式会社の粉飾決算とそれに加担した会計事務所による不正会計問題である。ただし、この不正会計問題が発生して以来、いまだに会計監査制度が欠陥のまま放置されている。他の例としては、エネルギー産業全体で地球温暖化対策が実施されない現状も同様である。

上記で述べた行動パターンを表2に簡単に整理してまとめた。なお、「自分自身が自覚している倫理的価値観を無意識に気付かないまま、倫理的行動をとる」ことは人間の行動パターンとしては考えられないので、四つ目の行動パターンは議論の対象とはしていない。それでは行動的企業倫理における「倫理の死角」を引き起こす状況要因はいったい何なのか、なぜ自分でも気付かずに自分自身の価値観に反する行動をとってしまうのか、その状況要因を「限定された倫理性」という概念によって次節で説明する。

表2 行動的企業倫理における「倫理の死角」

	倫理的行動をとる	非倫理的行動をとる
自分自身の倫理的価値観を自覚している	行動パターン①：当たり前のこと	行動パターン②：ありがち
自分自身が自覚している倫理的価値観を、無意識に気付かない	行動パターンとしてあまり考えられない	行動パターン③：倫理の死角

出所 ベイザーマン他(2013)pp. 31-32 を参考に筆者作成

3. 限定された倫理性と状況要因

一般の人々は倫理観の欠如に対して不快感を持つ傾向にある¹²。もちろん日本人の多くは当たり前だと考えるだろう。ただ日本でも、「嘘は方便」、「嘘は世の中あって当たり前だ」、「嘘はだまされる方が悪い」、「嘘は常識的でさえある」等、開き直る人も存在する。同様に、国外でも非倫理的行動が当たり前のように散見されることもあろう。こうした中、倫理的思考と倫理的行動における、実証的倫理学という研究は、過去20年で急増してきている¹³。

サイモン・ハーバート (Simon Herbert A.) が提唱した「限定された合理性 (bounded rationality)」は、限定された (bounded) 範囲において、人間は合理 (rationality) 的に判断して意思決定することができるという概念である¹⁴。完全に合理的とは言えない人間の場合、意思決定に際して取り扱う問題が大きくなるならば問題の解を導くことができなくなる。言い換えると、限定された合理性において、人間は必ず合理的に行動することを前提としており、経営組織の意思決定過程もそれを前提に考察している。その「限定された合理性 (bounded rationality)」という概念に対峙して、行動倫理学の中では「限定された倫理性 (bounded ethicality)」という概念によって、「人々は組織の中で倫理的な誤りに陥りやすい現象が発生する」ということを説明しようとしている¹⁵。

「限定された倫理性」というビジネス倫理は、現代の心理学者が議論している哲学的問題でもある¹⁶。特に行動倫理学のねらいは、倫理的な意思決定に直面する人々の行動を解明することにある¹⁷。その倫理的な意思決定に関しては、心理学者等は数多くの有害な影響の存在を確認している。例えば、その倫理的な意思決定は頻繁に無意識の状態で行われることである。その影響が道徳的な信念ならびに約束とは真逆の非倫理的な選択を導く場合がある。他に学びの過程による影響もある。Haidt (2001)は、人の一般的な道徳判断は、ゆっくりと思慮深く検討した学びよりもむしろ、より素早く慎重さに欠ける検討過程で習得した学びという影響に強く偏重していると推論している¹⁸。つまり、道徳的直感力は道徳的な論理的思考より優先しているという推論である。

限定された倫理性の一例としては、ジェンダー、人種、世代間に関する心理学上の潜在的連合テスト (Implicit Association Test) ^(注2) で明らかにされる、世の中で見られる誤った先入観 (偏見) である¹⁹。誤った先入観によって、例えば、女性より男性、黒人より白人、の方が優位とみる心理学上の偏見である。心理学上の潜在的連合テストでは、「差別的雇用慣行」²⁰や、労働者の技能や能力の評価に対する「不当な偏重」²¹で見られる。無意識な差別が、結果として意図的な差別と類似した症状を起こしているが故に誤解される場合もある。Kim, Monge, & Strudler (2015)は、無意識な差別を引き起こす限定された倫理性に見られる心理的要因として、「グループ内で見られる偏愛 (えこひいき) (in-group favoritism)」、「利己的偏見 (self-serving bias)」、「コントロール幻想 (illusion of control)」、「必然的に将来帰結されることを過剰に軽視する (overly discounting future consequences)」、「動機付けられた見落とし (motivated blindness)」を上げている²²。

ベイザーマン他(2013)は、「限定された倫理性」を引き起こすと考えられる「状況要因」、すなわち非倫理的行動に出る人の状況要因として以下の五つを特定している²³。以下で述べるそれらの日本語の概念定義等については、水村(2013)を援用した²⁴。

- 1) 配慮に欠く目標設定 (ill-conceived goals) : 非倫理的行動に出た方が当人のためになるような目標が設定されていることである。「熟慮に欠く目標」が設定されると、「他人を出し抜き、蹴落とし、陥れてでも目標達成しようと突っ走る人」も出てくる。売上至上主義の風潮が職場に蔓延すると、「職場倫理」(workplace ethics) や社員のモチベーションが低下して、意図せぬ非倫理的行動を助長することもある。

- 2) 「動機づけられた見落とし (motivated blindness)」: 他人の非倫理的行動を見ても素知らぬ顔した方が自分のためになることである。なぜなら、要らぬ口を利くと却って自分が損をするからである。人間の心理現象は、見て見ぬ振りを決め込んで自己の保身を図る態度が延いては相手方の非倫理的行動に拍車を加える要因となることを示唆している。
- 3) 「間接的であるがゆえの見落とし (indirect blindness)」: 自分が手を下したくない仕事を自分の代わりに請け負ってくれた人に融通を利かせることである。この心理現象は、相手に借りを作ることが延いては相手方の非倫理的行動に拍車を加える要因となることを示唆している。
- 4) 「滑りやすい坂 (the slippery slope)」: 非倫理的行動に出ていることを当の本人はもとより周囲の誰も気付かないことである。一旦、非倫理的行動に一度でも出ると、あたかも坂を転げ落ちていくかのように歯止めが利かなくなる。
- 5) 「結果の過大評価 (Overvaluing outcomes)」: 成果さえ出せば、成果に至る過程で非倫理的な意思決定を下していても帳消しになることである。意図せずして人が非倫理的行動に出る要因としてしばしば指摘される。

4. 「動機付けられた見落とし」と会計監査

第2節において、「倫理の死角」の例証の一つとして述べた、米国の総合エネルギー会社エンロン社の事件に代表される不正会計ならびにそれに加担した会計事務所の行動パターンを、引き起こす主たる状況要因は、第3節で述べた五つの状況要因の中で何に当てはまるのであろうか。バイザーマン他 (2013) では、下記の通り述べられている²⁵。

十分に独立した監査が行われない状況は、監査人と顧客企業の関係が必然的に生み出す結果だ。現在の会計監査制度の下では、どうしても「動機づけられた見落とし」が引き起こされてしまうので、どんなに誠実な監査人でも客観的な監査をおこなうことは心理的に不可能なのである。

上記の通り、企業と監査人との関係は、「動機づけられた見落とし」として必然的な状況要因ととらえられている。さらに、バイザーマン他 (2013) では、次の通り指摘されている²⁶。

企業が「限定された倫理性」の影響下で非倫理的行動を取る場合があるように、監査を担当する会計士も「限定された倫理性」の影響により、顧客企業の非倫理的行動を見落とす場合がある。料金を支払ってくれる人の意向に沿いたいというバイアスがはたらく結果、顧客と距離を置けなくなるからだ。顧客の「限定された倫理性」が会計士に伝染するのである。

そもそも会計士は顧客企業と利益相反の状況に直面する場合があることを認識している。そして、職業的専門家としての判断に不当な影響を与える利益相反を回避しなければならない義務を負っていることも認識している。だからこそ会計士には、誠実性、公正性、職業的専門家としての能力及び正当な注意の原則の遵守が求められているのである。しかし残念ながら、そういった理想的な現実は起こり得ないことを裏付ける興味深い研究がある。それは、Moore, Tanlu, & Bazerman (2010)の研究である²⁷。彼・彼女らは、利益相反関係が人々の判断に及ぼす影響を調べる次のような実験を行った。ある架空の企業の買収話が持ち上がっているという設定で、被験者は、買い手、売り手、買い手側の会計士、売り手側の会計士という四つの役割の中から任意の一つが割り当てられた。この実験に参加した被験者数は100名以上であった。被験者全てには、企業価値をどの様に評価するかについての情報を含む同一の資料が配布され、ある特定

の企業価値の評価すなわち企業価値の算出が問われた。結果として、まず売り手自身が算出した企業価値は買い手側が算出した企業価値より高くなった。この結果は自己中心主義のバイアスが理由の一つとして考えられる。

次の実験として、会計士に、「あなたの目標は、できる限り公平中立となる評価につとめなければならない」との指示をした。そして各会計士の企業価値を正確に算出した場合には金銭的報酬が与えられると約束した。その目的はより客観的に企業価値の評価を求めながらインセンティブというやる気を引き起こさせるためである。その実験結果としては、会計士という役割自体が企業価値算定という評価に影響を及ぼしていることを会計士は認知しているものの、その影響をかなり軽視していることが判った。売り手の会計士は買い手の会計士よりも更に高い企業価値で算出していた。インセンティブの代替として、会計士と顧客間の関係に個人的な深い関係を想定した場合の実験でも同様の結果が出ている。顧客との関係が長期にわたり、膨大な売り上げが関わってくる状況では、バイアスの影響がいっそう強まると予想できる。

同様の実験が、米国における四大監査法人の一つに勤務する正社員で行われた。100名以上のプロフェッショナルの会計士で再現したところ、同様の結果が出たのである。Moore, Tanlu, & Bazerman (2010)によれば、これら実験では単なる役割の割り当てであっても、会計士は、彼・彼女らの顧客の利益にバイアスを引き起こすと述べられている²⁸。ベイザーマン他 (2013)によれば、「監査の欠陥は、会計士と顧客との間の関係性による、起こるべくして起こる当然の帰結である。そして現行の米国の監査システムは適正ではなく、『心理学的に不可能である』... それは客観的判断を下す最も正直な会計士でさえであってもある」²⁹とこれら実験の含意を述べている。また、Bazerman, Morgan, & Loewenstein(1997)は、「監査の欠陥で生じる事例は避けられない：“cases of audit failure are inevitable”」³⁰と主張している。

5. おわりに

大企業がコンプライアンスやCSR (Corporate Social Responsibility : 企業の社会的責任) の制度化を行い、取り組みを進めても、逆に非倫理的な行動を助長するバイアスが機能している限り、コーポレート・ガバナンスは機能しない。それでは、本論における次の課題は何であろうか。それは、「限定された倫理性」という行動パターンをもたらす状況要因に対して、どのような措置を講じれば、意図せぬ非倫理的行動を抑制できるのかについて検討することであろう。水村(2013)が検討した措置は、企業倫理イニシアティブである³¹。企業倫理イニシアティブとは、意図せずして非倫理的行動に出る人の状況要因にパッチを当てることであり、社員の意図せぬ非倫理的行動に対して一定の抑制効果を発揮することが期待されると述べている。その企業倫理イニシアティブの特徴は、社員の意識改革で踏み止まることなく、企業倫理の基盤となる制度と既存の人事制度との間にリンクを張った点であると述べている。事例対象企業の新たな人事制度は、社員一人ひとりが会社の経営理念を常に心に留めた状態で、良い仕事(利益の量よりも利益の質にウェイトを置くこと)を積み上げていくためには、どのようなインセンティブが必要かについて考え抜かれていて示唆に富むと、その有効性を述べている。

それでは前節で述べた監査法人とその顧客である企業でもたらされる「限定された倫理性」に対してはどのような措置を講じる必要があるのであろうか。監査法人の役割はそもそも、監査される企業の貸借対照表、損益計算書、収支計算書等の財務資料の信用度について投資家に正しい情報を提供することである。その役割を適切に果たすためには、客観的な調査と評価をおこなうことが前提となる。しかし、ベイザーマン他 (2013) は、次の通り指摘している³²。

監査法人がどこから収益を得ているかを見ると、そうした客観性が保証されているとは必ずしも言えない。利益相反がまかり通っているからだ。監査法人に報酬を支払うのは、監査されるその企業

であって、投資家や株式市場自身ではない。監査法人は、監査を行って監査報酬という利益を得ているのだ。監査する側、される側の関係があるので、監査法人の多くは、その監査対象先の企業に対するコンサルティング業務からも利益を得ている。

それでは、独立した監査を実現するためにはどうしたら良いのだろうか。Bazerman, Loewenstein, & Moore (2002)は、独立した監査を実現するために以下の三つの改革が必要であると主張している³³。

i) 「会計事務所が監査業務の顧客企業に監査以外のサービスを提供することを禁じる」

会計監査法人が提供する監査サービスは競争が激しい。そのため監査サービスの料金は比較的低くなる。その埋め合わせのために、利幅が大きいコンサルティング・サービスに力を入れる。例えば、節税のコンサルティング・サービスである。租税を企業の費用の一つと考え税負担を軽減させる税務戦略である。他にマネジメントやテクノロジー関連のコンサルティングである。しかしながら、こういったコンサルティング業務の拡大が会計事務所による監査の独立性を脅かしかねないとの批判がある。2002年、エンロン社の経営破綻を含む米国で相次ぐ会計不祥事に向けて制定されたSOX法(Sarbanes - Oxley Act: サーベンス・オクスリー法)は米国の株式公開企業に対して様々な情報開示、報告義務を果たした。しかし、このSOX法は一部のコンサルティング業務を禁止しているだけで、完全な分離ははまだ放置されている。

ii) 「企業が自社の会計監査を担当した会計士をのちに雇用することを禁じる」

本改革が提言された趣旨は、監査人が将来関与先に就職することを見込んで、現在の監査証明が不当に歪められることを排除するためのものである。日本では、平成15年改正公認会計士法(以下「15年改正法」という。)第28条の2及び同第34条の14の2ならびに平成19年改正公認会計士法により、被監査会社やその連結子会社等へ、公認会計士または業務執行社員の就職は一定期間制限されている。ただその一定期間とは原則一年である。

iii) 「監査契約は有期制とし、その期間内は企業が契約を打ち切れないようにする」

米国のSOX法では、会計事務所の会計士を七年で交代義務が要求されているだけである。日本では、平成15年改正公認会計士法第24条の3及び同第34条の11の3で、監査人の独立性に関する新たな規制として、公認会計士又は監査法人の社員は大会社等の連続する7会計期間を超えて原則、大会社等の財務書類について監査関連業務を行ってはならない旨が規定されている。ただここでの問題は、会計事務所の監査を受ける顧客企業が思うままに会計事務所と契約したり契約を解消したりできることが放置されていることである。

上記に関連した例としては東芝不正会計事件^(注3)があげられる。東芝は、2016年に監査法人を新日本有限責任監査法人からPwCあらた有限責任監査法人に変更した。しかし、2016年末に発覚した米国原子力事業での巨額損失をきっかけに、PwCあらた有限責任監査法人は、東芝の決算報告に対して適正意見を出さなかった。東芝にとって上場廃止を避けるには適正意見が必要である。そのため、東芝は意見が合わないからといって、監査法人を簡単に再度変更しようと考えた。こういった行為はもちろん不法行為ではないが、日本の金融システムをゆがめるものと言わざるをえない。

本論で行動的企業倫理を概観したが、行動的企業倫理においては根本的に、どういった行動が非倫理的な行動であるのかを明確にしていないことが課題の一つといえそうである。もちろん、不正行為や不法行為は非倫理的な行動である。ただ、政府を巻き込んだ受動喫煙問題、地球温暖化問題や、本論で述べた会計監査問題、あるいは法律規範に反していないものの社会通念上望ましくない状態等は、不明確な問題と

なっている。行動的企業倫理においては実際、倫理的価値観に関する議論は多くなく、その価値観を規範的倫理学に委ねているのである。しかしながら、企業を対象とする行動的企業倫理においては、企業、企業内組織、企業内従業員、企業の外部関係者が、良心を持っていながらも意図せずに非倫理的行動を選択してしまう倫理的ジレンマに具体的な解決策を示す必要があるといえよう。今後は数多くの企業を観察し多様な事例を用いて、この課題に対して克服可能な解決策を導出する必要があるだろう。

謝辞

本稿執筆にあたり、株式会社システムフロンティア取締役逆瀬川明宏氏、および NEC ネクサソリューションズ株式会社郵上慎一氏より貴重な御助言を頂戴致しました。ここに深甚なる謝意を表します。

注

注1 阪急阪神ホテルズ社長「偽装でなく誤表示」

https://www.nikkei.com/article/DGXNASDG24055_U3A021C1CC1000/ (2017年12月15日)。

注2 潜在的連合テスト(Implicit Association Test)

潜在的連合テストとは、様々な社会的対象に対する潜在的態度を測定することができる手法である。潜在的態度とは、人々が意識することができないが所有している態度であり、人々の日常生活における様々な行動に影響を与えると考えられている。このテストは常に対を用いる。例えば、人種差別の研究において、黒人に対する態度を測定する場合であれば、黒人と対になる概念として白人を用いることができる。このように概念を対にして用いることにより、相対的な態度を測定するのが潜在的連合テストの大きな特徴である。潜在的連合テストは、実施および得点の計算が容易であること、また信頼性や妥当性などの心理統計的性質が優れていることもあり、その他の潜在的態度の測定方法と比べ、社会心理学を超えたより広い文脈で学術的・教育的に用いられている

<https://implicit.harvard.edu/implicit/japan/> (2017年12月8日)。

注3 東芝不正会計事件

松村勝弘 (2017) 「東芝不正会計事件はなぜ起こったのか」『証券経済学会年報』第 51 号別冊、証券経済学会創立 50 周年記念大会 学会報告論文 2017 年 1 月 30 日。

脚注

- ¹ 菊池敏夫、平田光弘、厚東偉介編著 (2008) 『企業の責任・統治・再生—国際比較の視点—』文真堂。
- ² バイザーマン マックス H., テンブランセル アン E. (2011) 「なぜ、ビジネスの論理と倫理を切り離してしまうのか : 『意図せぬ悪事』の科学」『DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー』July 2011。
- ³ バイザーマン マックス H., テンブランセル アン E. (2013) 『倫理の死角：なぜ人と企業は判断を誤るのか』池村千秋 (翻訳)、谷本寛治 (解説) NTT 出版株式会社。
- ⁴ 水村典弘 (2013) 「企業行動倫理と企業倫理イニシアティブ：なぜ人は意図せずして非倫理的行動に出るのか」『日本経営倫理学会誌』第 20 号。
- ⁵ バイザーマン マックス H., テンブランセル アン E. (2013) 『倫理の死角：なぜ人と企業は判断を誤るのか』池村千秋 (翻訳)、谷本寛治 (解説) NTT 出版株式会社。
- ⁶ 鈴木由紀子 (2015) 「行動倫理学の予備的考察—飲食サービス業におけるメニューの不正表示問題を中心に—」『商学集志』第 84 巻、第 3・4 号。
- ⁷ バイザーマン マックス H., テンブランセル アン E. (2013) 『倫理の死角：なぜ人と企業は判断を誤るのか』池村千秋 (翻訳)、谷本寛治 (解説) NTT 出版株式会社。
- ⁸ 鈴木由紀子 (2015) 「行動倫理学の予備的考察—飲食サービス業におけるメニューの不正表示問題を中心に—」『商学集志』第 84 巻第 3・4 号。
- ⁹ 同上。
- ¹⁰ 同上。
- ¹¹ バイザーマン マックス H., テンブランセル アン E. (2013) 『倫理の死角：なぜ人と企業は判断を誤るのか』池村千

-
- 秋 (翻訳)、谷本寛治 (解説) NTT出版株式会社。
- ¹² Darley J. and Latané B. (1968) “Bystander intervention in emergencies: Diffusion of responsibility” *Journal of Personality and Social Psychology*, 8, pp. 377–383.
- ¹³ Tenbrunsel Ann E. and Smith–Crowe Kristin (2008) “Ethical Decision Making: Where We’ ve Been and Where We’ re Going” *The Academy of Management Annals*, 2 (2) pp. 545–607.
- ¹⁴ サイモン, ハーバート (2009) 『経営行動』 (二村敏子 翻訳) ダイヤモンド社。
- ¹⁵ Chugh Dolly, Bazerman Max H. and Banaji Mahzarin R. (2005) “Bounded Ethicality as a Psychological Barrier to Recognizing Conflicts of Interest” *In Conflicts of Interest: Challenges and Solutions in Business, Law, Medicine, and Public Policy*, edited by Moore Don A., Cain Daylian, Loewenstein M. George, and Bazerman Max H. pp. 74–95 Cambridge: Cambridge University Press.
- ¹⁶ Kim Tae Wan, Monge Rosemarie and Strudler Alan (2015) “Bounded Ethicality and the Principle: That “Ought” Implies “Can” ” *Business Ethics Quarterly* 25(3) pp. 341–361.
- ¹⁷ Tenbrunsel Ann E. and Smith–Crowe Kristin (2008) “Ethical Decision Making: Where We’ ve Been and Where We’ re Going” *The Academy of Management Annals*, 2(2) pp. 545–607.
- ¹⁸ Haidt J. (2001) “The emotional dog and its rational tail: A social intuitionist approach to moral judgment” *Psychological Review*, 108, pp. 814–834.
- ¹⁹ Bertrand Marianne, Chugh Dolly, and Sendhil Mullainathan (2005) “Implicit Discrimination” *The American Economic Review*, 95(2) pp. 94–98.
- ²⁰ *ibid.*
- ²¹ Reeves Arin N. (2014) “Written in Black & White: Exploring Confirmation Bias in Racialized Perceptions of Writing Skills” *Yellow Paper Series*, Chicago, IL : Nextions LLC.
- ²² Kim Tae Wan, Monge Rosemarie and Strudler Alan (2015) “Bounded Ethicality and the Principle: That “Ought” Implies “Can” ” *Business Ethics Quarterly* 25(3) pp. 341–361.
- ²³ ベイザーマン マックス H., テンブランセル アン E. (2013) 『倫理の死角：なぜ人と企業は判断を誤るのか』 池村千秋 (翻訳)、谷本寛治 (解説) NTT出版株式会社。
- ²⁴ 水村典弘 (2013) 「企業行動倫理と企業倫理イニシアティブ：なぜ人は意図せずして非倫理的行動に出るのか」『日本経営倫理学会誌』第 20 号。
- ²⁵ ベイザーマン マックス, H. テンブランセル アン E. (2013) 『倫理の死角：なぜ人と企業は判断を誤るのか』 池村千秋 (翻訳)、谷本寛治 (解説) NTT出版株式会社。
- ²⁶ 同上。
- ²⁷ Moore Don A., Tanlu Lloyd and Bazerman Max H. (2010) “Conflict of Interest and the Intrusion of Bias” *Judgment and Decision Making*, 5(1) pp. 37–53.
- ²⁸ *ibid.*
- ²⁹ ベイザーマン マックス H., テンブランセル アン E. (2013) 『倫理の死角：なぜ人と企業は判断を誤るのか』 池村千秋 (翻訳)、谷本寛治 (解説) NTT出版株式会社。
- ³⁰ Bazerman Max H., Morgan Kimberly P. and Loewenstein George F. (1997) “The Impossibility of Auditor Independence” *MIT Sloan Management Review*, 38(4) pp. 89–94.
- ³¹ 水村典弘 (2013) 「企業行動倫理と企業倫理イニシアティブ：なぜ人は意図せずして非倫理的行動に出るのか」『日本経営倫理学会誌』第 20 号。
- ³² ベイザーマン マックス, H. テンブランセル アン E. (2013) 『倫理の死角：なぜ人と企業は判断を誤るのか』 池村千秋 (翻訳)、谷本寛治 (解説) NTT出版株式会社。
- ³³ Bazerman Max H., Loewenstein G. F. and Moore D. (2002) “Why Good Accounts Do Bad Audits” *Harvard Business Review*, pp. 97–102.

参考文献

- Bazerman Max H., Morgan Kimberly P. and Loewenstein George F. (1997) “The Impossibility of Auditor Independence” *MIT Sloan Management Review*, 38(4) pp. 89–94.
- Bazerman Max H., Loewenstein G. F. and Moore D. (2002) “Why Good Accounts Do Bad Audits” *Harvard Business Review*, pp. 97–102.
- Bertrand Marianne, Chugh Dolly and Sendhil Mullainathan (2005) “Implicit Discrimination” *The American Economic Review*, 95(2) pp. 94–98.
- Chugh Dolly, Bazerman Max H. and Banaji Mahzarin R. (2005) “Bounded Ethicality as a Psychological Barrier to Recognizing Conflicts of Interest” *Conflicts of Interest: Challenges and Solutions in Business, Law, Medicine, and Public Policy*, edited by Moore Don A., Cain Daylian, Loewenstein

George M. and Bazerman Max H. Cambridge University Press.

- Darley J. and Latané B. (1968) “Bystander intervention in emergencies: Diffusion of responsibility” *Journal of Personality and Social Psychology*, 8, pp. 377-383.
- Haidt J. (2001) “The emotional dog and its rational tail: A social intuitionist approach to moral judgment” *Psychological Review*, 108, pp. 814-834.
- Kim Tae Wan, Monge Rosemarie and Strudler Alan (2015) “Bounded Ethicality and the Principle: That “Ought” Implies “Can” ” *Business Ethics Quarterly*, 25(3) pp. 341-361.
- Moore Don A., Tanlu Lloyd and Bazerman Max H. (2010) “Conflict of Interest and the Intrusion of Bias” *Judgment and Decision Making*, 5 (1) pp. 37-53.
- Reeves Arin N. (2014) “Written in Black & White: Exploring Confirmation Bias in Racialized Perceptions of Writing Skills” *Yellow Paper Series*, Chicago, IL : Nextions LLC.
- Tenbrunsel Ann E. and Smith-Crowe Kristin (2008) “Ethical Decision Making: Where We’ ve Been and Where We’ re Going” *The Academy of Management Annals*, 2(2) pp. 545-607.
- 菊池敏夫、平田光弘、厚東偉介編著 (2008) 『企業の責任・統治・再生—国際比較の視点—』 文眞堂。
- 鈴木由紀子 (2015) 「行動倫理学の予備的考察— 飲食サービス業におけるメニューの不正表示問題を中心に—」 『商学集志』 第 84 巻、第 3・4 号。
- サイモン、ハーバート (2009) 『経営行動』 (二村敏子翻訳) ダイヤモンド社。
- ベイザーマン マックス H., テンブランセル アン E. (2013) 『倫理の死角：なぜ人と企業は判断を誤るのか』 池村千秋 (翻訳)、谷本寛治 (解説) NTT出版株式会社。
- ベイザーマン マックス H., テンブランセル アン E. (2011) 「なぜ、ビジネスの論理と倫理を切り離してしまうのか : 『意図せぬ悪事』 の科学」 『DIAMOND ハーバート・ビジネス・レビュー』 July 2011.
- 松村勝弘 (2017) 「東芝不正会計事件はなぜ起こったのか」 『証券経済学会年報』 第 51 号別冊、証券経済学会創立 50 周年記念大会 学会報告論文 2017 年 1 月 30 日。
- 水村典弘 (2013) 「企業行動倫理と企業倫理イニシアティブ：なぜ人は意図せずして非倫理的行動に出るのか」 『日本経営倫理学会誌』 第 20 号。

編集後記

新潟国際情報大学経営情報学部紀要（第1号）が発行されました。論文を執筆された著者の皆さん、またご協力頂いた本学総務課の山田裕貴さん、印刷・校正を担当された（株）第一印刷所の佐藤あゆみさんに感謝いたします。

新潟国際情報大学情報文化学部は1994年4月、情報文化学科と情報システム学科の2学科体制でスタートしました。2014年4月から情報文化学科が国際学部国際文化学科として独立しました。また本年4月からは新たに経営学科がスタートしたことに伴い、情報文化学部は新たに経営情報学部として歩み始めました。それに伴い、情報文化学部紀要は新たに経営情報学部紀要として発刊されることとなりました。

情報システム学科が目指している情報システム学は、情報とシステム、人間と社会、経営と組織やコンピュータと通信、文系と理系にまたがる幅広い領域にまたがり、そして教員陣の日頃の幅広い活動から紀要論文のテーマは広範囲にわたっています。今後は、経営学科のスタートに伴って経営戦略や経営組織、会計学や人的資源管理などの経営関連分野の研究が本格的に展開することで経営情報学部紀要は更に充実したものとなると期待しております。

本紀要（第1号）には紀要論文5本、研究ノート3本を収録するにとどまりました。

「小さく生んで大きく育てる」ということわざがありますが、第2号、第3号と次第に充実した紀要とすべく、教育活動と研究活動を両輪としてそれらの活動成果を経営情報学部紀要や海外のジャーナルなどに積極的に発信していくことを課題として、教育と研究にとりくんでまいります。

経営情報学部紀要編集委員長
小林満男

新潟国際情報大学 経営情報学部紀要 第1号 (通算21号)

発行日 2018年4月1日

編集者 紀要編集委員会

発行者 新潟国際情報大学 経営情報学部

〒950-2292 新潟市西区みずき野3丁目1番1号

TEL : 025-239-3111 FAX : 025-239-3690

E-mail somu@nuis.ac.jp

URL <http://nuis.ac.jp>

印刷者 株式会社 第一印刷所

〒950-8724 新潟市中央区和合町2丁目4番18号

TEL : 025-382-7400 FAX : 025-382-7415