

# 問題解決技法入門 (オペレーションズ・リサーチ)

## 概要

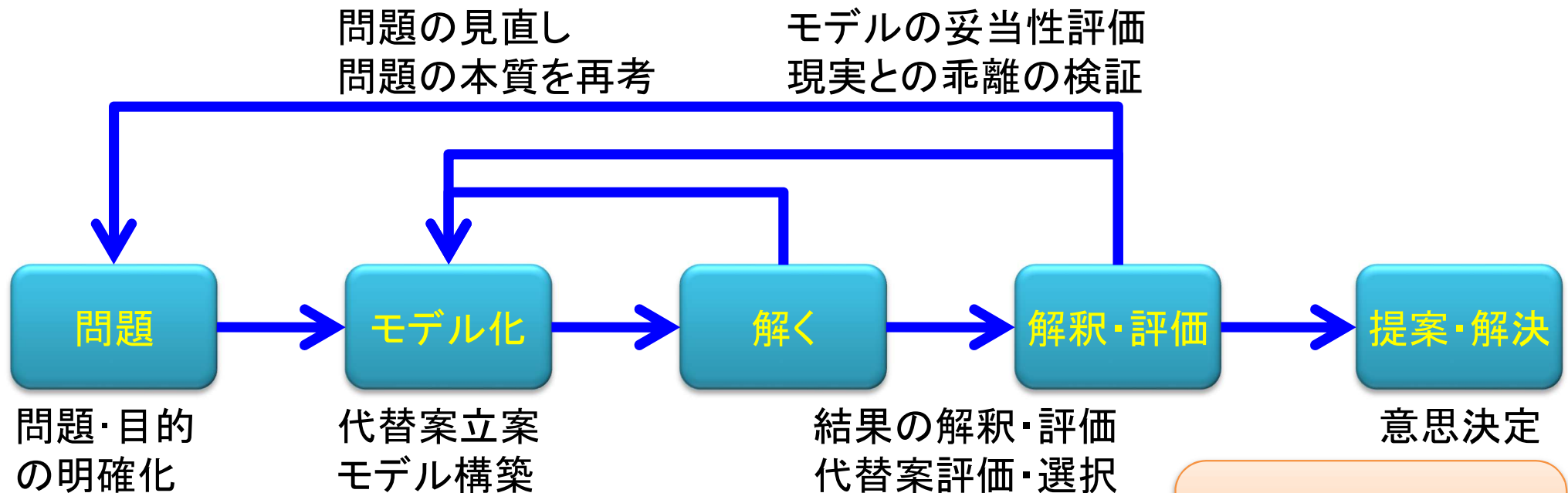
堀田 敬介

2019年4月12日(金)

# 問題解決までの道のり

現状認識力  
問題発見・定義

- 「問題の把握」から「意思決定」までの流れ



## ● 問題発見・状況認識

- 状況を把握し問題の背後にある本質を捉える
- 何を知りたいのか？
- 何をしたいのか？
- 誰のために？

問題発見技法

## ● 推論・モデル作成

- 推論に基づきモデル作成
- 現実を支配する法則を数量的に明確化

スケジューリング シミュレーションモデル分析  
ネットワークモデル分析 ロジスティクス etc.  
最適化モデル分析

## ● 答えを導く

- 解法選択
- 解法構築
- パラメータ調整

## ● 結果評価・解釈

- 解法のもたらす結果の解釈・考察
- 得られた代替案の評価・分析

意思決定科学

説得力  
問題解決力

# 問題解決技法入門と後続科目

より詳しく知りたい・  
勉強したいよね！  
こんな科目をとろう

## ➤ 予測・シミュレーション

→統計の見方

→統計データの扱い方

→統計の分析と利用

→シミュレーションモデル分析

→データ処理Ⅱ

## ➤ グラフ・ネットワーク・最適化

→ネットワークモデル分析

→最適化モデル分析

## ➤ クラスタ分析

→多変量のデータ解析

→経営データ分析

## ➤ ゲーム理論

→政策科学, 意思決定科学

## ➤ 日程計画・スケジューリング

→スケジューリング

## ➤ 線形計画法・動的計画法

→最適化モデル分析

# 問題解決技法入門と現実の実務問題

## ➤ 予測・シミュレーション

- 需要予測, 天気予報, 証券投資, 在庫管理, 渋滞予測, 推定・検定, ...

## ➤ グラフ・ネットワーク・最適化, 線形計画法・動的計画法

- 最長しりとり (FujiTV「トリビアの泉」2004/3)・最長片道切符 (NHK 2004/5/6-6/23)
- 最短路: ナビゲーション, 鉄道経路探索, ...
- 配送計画, 輸送計画, 巡回路, ...
- パッキング, 詰め込み問題, ...

## ➤ クラスタ分析

- 市町村合併, 道州制, アンケート調査, 類似度判定, ...

## ➤ ゲーム理論

- 外交, 市場競争, 生物進化, マッチング, オークション...

## ➤ 日程計画・スケジューリング

- スポーツ・スケジューリング (NBA, Jリーグ, 将棋, ...)
- ナース・スケジューリング, 訪問介護スケジューリング, ...
- 病室ベッド割当, 時間割作成, ...

世の中の**実務問題**  
とどんな風に関係し  
ているのかな？





# グラフ・ネットワーク・最適化



## ➤ 最長しりとり問題

情報処理学会論文誌. 数理モデル化と応用

Vol.46, No.SIG\_17(TOM\_13)(20051215) pp. 131-142  
社団法人情報処理学会 ISSN:03875806

### 書誌情報

### 単語長を考慮した最長しりとり問題の実験的考察 Experiment on the Maximum-Shiritori-String-Length Shiritori Problem

乾 伸雄<sup>1</sup> 品野 勇治<sup>2</sup> 小谷 善行<sup>3</sup>  
INUI NOBUO<sup>1</sup> SHINANO YUJI<sup>2</sup> KOTANI YOSHIYUKI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>東京農工大学工学部情報コミュニケーション工学科 <sup>2</sup>東京農工大学工学部情報コミュニケーション工学科 <sup>3</sup>東京農工大学工学部情報コミュニケーション工学科

<sup>1</sup> Department of Computer, Information and Communication Sciences, Faculty of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology <sup>2</sup> Department of Computer, Information and Communication Sciences, Faculty of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology <sup>3</sup> Department of Computer, Information and Communication Sciences, Faculty of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology

### 抄録

本論文では、先行研究の最長しりとり問題の一般化として、最長しりとり問題で単語の長さ考慮した文字数最大しりとり問題の厳密解法について述べ、その実験的評価を行う文字数最大しりとり問題は、整数計画問題として記述した場合、単語の最大の長さとしたとき、最長しりとり問題を記述するための変数の倍の変数が必要となり、現実的に解けるかどうかは未知である。l=26の既知の単語について、文字数最大しりとり問題は先行研究での最長しりとり問題に比べ、約41倍の計算時間がかかることが分かった。さらに、これら2つの問題の派生問題として、固定単語長文字数最大しりとり問題および固定文字数最長しりとり問題を取り上げるこれらの派生問題を用いて、広辞苑とICOT形態素解析辞書について、最長しりとり問題の最適解と文字数最大しりとり問題の最適解の関係を分析した。

This paper describes an exact algorithm of the maximum-shiritori-string-length shiritori problem (MS3 in short) which maximizes a shiritori-string length. This algorithm is obtained from a generalization of an exact algorithm of the longest shiritori problem (LS in short) proposed previously. We experimentally evaluate the algorithm and investigate the properties of the MS3 problem. Since the MS3 problem takes l times number of variables of the LS problem, where l is the maximum length of words, under the integer programming approach, it is unknown whether the problem instance can be solved or not. Our experimental results showed that 41 times calculation times of the LS problem is required to solve MS3 problem, when l=26. In addition, two derived problem of these shiritori problems, called the fixed-length MS3 shiritori problem and the fixed-shiritori-string-length LS problem, are introduced. In this paper, we analyze the relations between the MS3 problem and the LS problem, using these derived problems.

話者: 品野勇治, 乾伸雄 (東京農工大学, 大学院共生科学技術研究部)

題名: 最長しりとり問題の解法について

### 概要:

「トリビアの泉」というTV番組で、「広辞苑の見出し語を使って、最も長いしりとりを作る」という話が放映されました。本発表では、TV番組制作会社からの問い合わせに答えるべく開発した、この最も長いしりとりを求めるための解法を紹介します。解法については、最適解を求める厳密解法と、準最適解を求めるヒューリスティックな解法の両方を紹介するとともに、それらを実装して行った数値実験結果を紹介します。また、TV番組中で実際に使われた「最長しりとり作成プログラム」のデモを行います。

### 質疑応答:

- 使われなかった単語の割合は?

乾: 単語数による違いや辞書の種類によって変わってきます。広辞苑から2種類の方法で単語を取り出した場合と中学、高校の教科書からの単語の抜粋、ICOT辞書による結果を示しましたが、広辞苑から抜き出した名詞の場合、次の質問に対するコメント(表)にあるように最長しりとりの長さ(使われた単語の数)が決まります。(始点終点と同じ単語の数を半分(小数点以下切り捨て)にしています)  
注) 「切り上げ」にすると最長しりとりの長さが長くなるというまったく別の結果が得られます。

- このしりとりでの利用単語の割合を使って、辞書の偏りを調べることは可能か?

乾: 広辞苑の単語を基準として、長めの最長しりとりができるのか短めの最長しりとりができるのかなどの傾向を調べることは可能です。単純には、ある文字より始まる単語が多く、その文字で終わる単語が少ないような辞書では、使われない文字が多くなります。つまり文字Ciで始まる単語の数をB(Ci)、終わる単語の数をT(Ci)と書くと、

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\sum B(C_i) - T(C_i)}{x} & \text{if } x > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

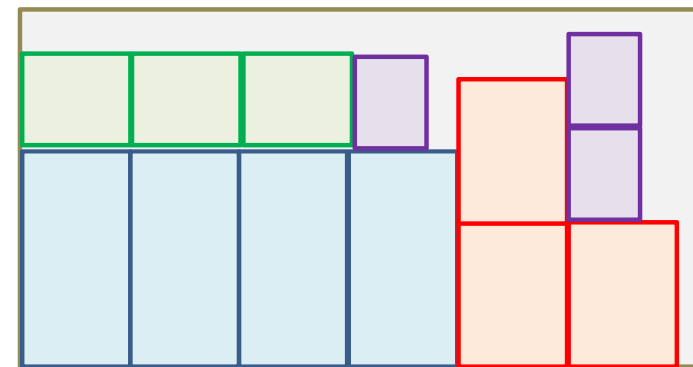
は、しりとりで使われることのない単語の数を表します。前の表の192,687単語の場合、このような考えで使われることのない単語は89,608となり、46%の単語は使われることはないです。ただし、次表の結果が示すように、使われない単語と最長のしりとりの長さには負の関係がありますが、最右欄が示すように、必ずしもそれだけではありません。結局、広辞苑に対して偏りがあるかどうかを調べることはできませんが、これが何の偏りであるかははっきりしていません。グラフ理論に詳しい方なら答えを出せると思いますけど。

単語数(A)	最長しりとりの単語数(B)と割合	使われることのない単語数の割合	B/(A-C)
196,983	89,606 45%	88,821 45%	83%
97,390	43,666 45%	44,363 46%	82%
47,636	20,759 44%	22,149 46%	81%
22,881	9,475 41%	11,019 48%	80%

# グラフ・ネットワーク・最適化

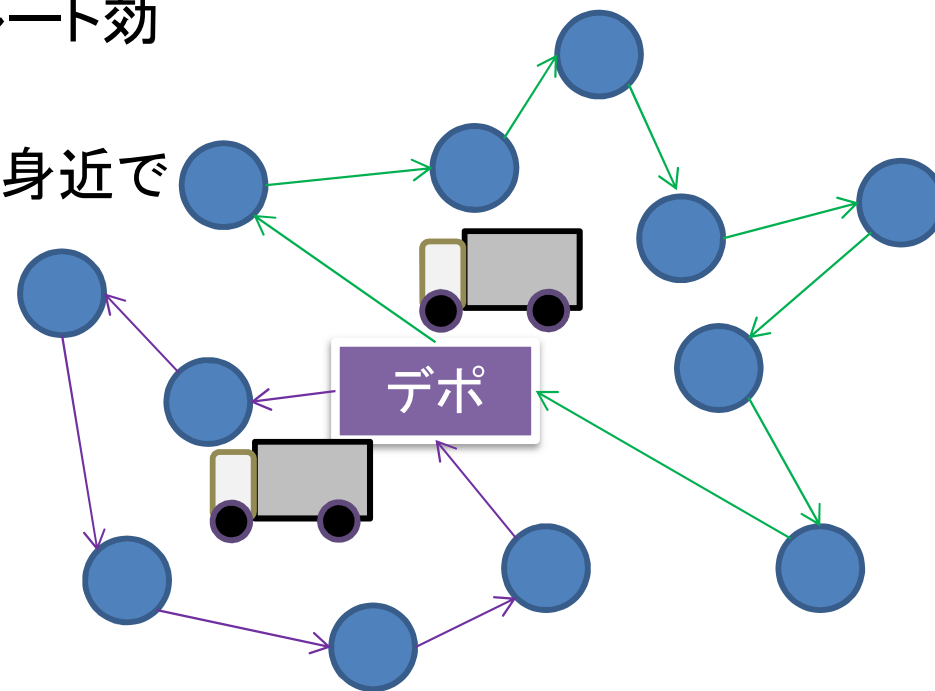
## ➤ 長方形パッキング

- 与えられた複数の長方形を目的に応じて効率よく配置
- 鉄鋼や繊維産業など幅広い応用がある



## ➤ 時間枠つき配送計画

- 複数の客に複数の車両で荷物を配達するとき、客の時間枠を考慮しつつ配送ルート効率化を目指す
- 宅配やコンビニへの商品配達など、身近で重要な応用がある





# グラフ・ネットワーク・最適化

成瀬大学理工学研究報告  
J. Fac. Sci. Tech., Seikei Univ.  
Vol.44 No. 2 (2007) pp.75-77  
(特別研究費に係る論文)

## ➤ 鉄道のOR

- 鉄道経路探索
- 運賃計算(相互利用)
- 車両運行計画
- 旅客流動

鉄道運賃計算のための効率の良いアルゴリズム  
— Suica/Pasmo 利用可能エリア内の JR510 駅を対象にした場合 —

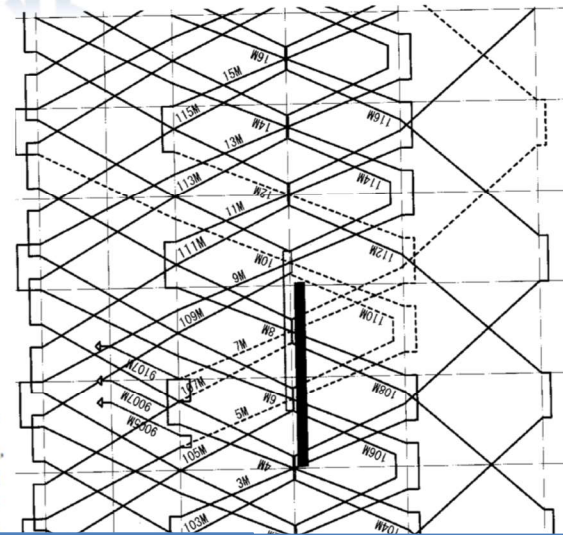
森田 隼史<sup>\*1</sup>, 池上 敦子<sup>\*2</sup>, 菊地 丞<sup>\*3</sup>, 山口 拓真<sup>\*3</sup>, 中山 利宏<sup>\*3</sup>, 大倉 元宏<sup>\*4</sup>

An efficient algorithm for a railway fare calculation  
— a case study involving 510 JR stations within the Suica/Pasmo system —

Shunji MORITA<sup>\*1</sup>, Atsuko IKEGAMI<sup>\*2</sup>, Jo KIKUCHI<sup>\*3</sup>, Takuma YAMAGUCHI<sup>\*3</sup>, Toshihiro NAKAYAMA<sup>\*3</sup>, Motohiro OHKURA<sup>\*4</sup>

(Received September 14, 2007)

最安運賃経路になる。しかし、会社によっては、エリアや路線の種類に対応する複数の対キロ運賃表を持ったり、運賃計算の特例ルールが存在することなどから、最短経路を求めても、その経路の運賃が最安にならない場合がある。そのため、与えられた駅間の正確な運賃を計算



(b) 運転整理案  
図 6.5 運転整理案

138

1 はじめに

### 第 11 章 駅の旅客流動

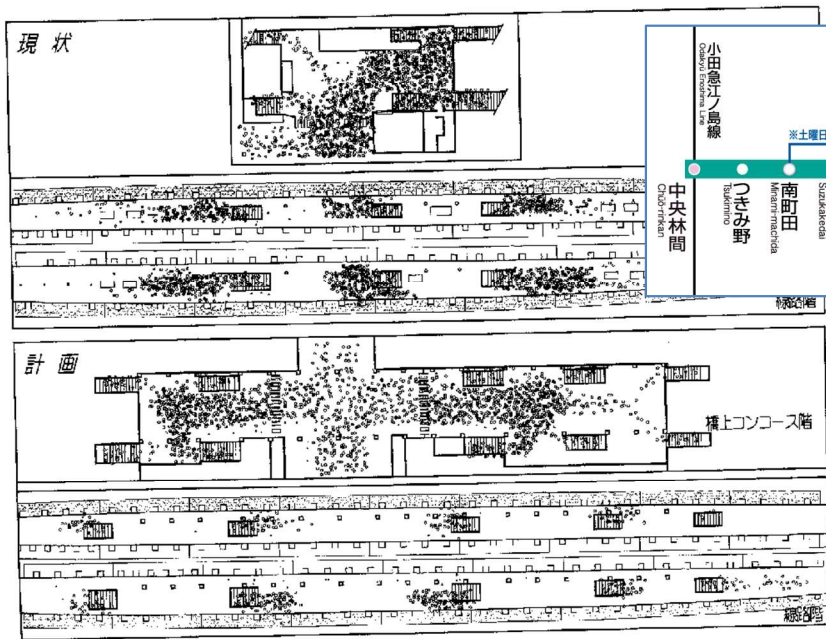


図 11.7 旅客流動シミュレーション出力例 (3)

これらの例のように、特に専門的な知識なしに、さまざまに条件を変えて、将来の駅の流動の様子が一日で把握できることがこのシステムの最大の利点といえます。

駅の空間規模は、利用客数に対し限定されており、一部分の改良のみでは、他の箇所の混雑が増大してしまう場合があります。たとえば、ホームの階段を増設すると、改札前の混雑は一層激

## 東急 田園都市線(急行・各駅)

口運賃表が 4 種類存在し、駅数も関東 IC 範囲の中で最も多い JR 東日本を対象にした運賃計算アルゴリズムについて述べる。

図 1

### 3. JR 東日本の運賃計算

#### 3.1 運賃計算のルール

JR 東日本における関東 IC 範囲 (図 1 参照) には、山手線エリア、電車特定エリア、東京近郊エリアと呼ばれる 3 つのエリアが存在し、次のような包含関係がある。  
山手線エリア ⊃ 電車特定エリア ⊃ 東京近郊エリア

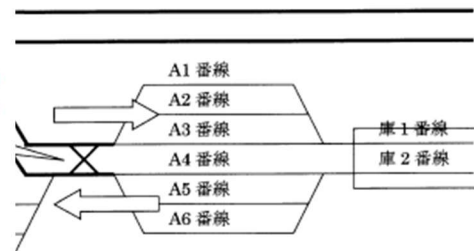


図 2

やまき なおかず  
静岡大学 工学部  
〒432-8561 浜松市城北 3-5-1

2004 年 1 月号



# ゲーム理論・離散最適化

# 研修医マッチング

Canadian Resident Mat x

www.carms.ca/en/

HELP | CONTACT | ABOUT | FRANÇAIS | LOGIN

carms Canadian Resident Matching Service

RESIDENCY | APPLICANTS | INSTITUTIONS / PROGRAMS | MATCH PROCESS | DATA AND REPORTS | POLICIES

Japan Residency Matching Program

## JRMP

医師臨床研修 マッチング協議会

品 サイトマップ

医師臨床研修 マッチングとは | 運営委員会 事務局 | 各種データ (記者発表資料等) | 病院・医学生へ お知らせ | リンク

What's new

NEW! 2015年度研修医マッチングスケジュール

NEW! 大学病院・臨床研修病院へのお知らせ  
→ 病院さんは、ここを見てからお問い合わせください!

マッチング プログラム

医師臨床研修 マッチングとは

ログインは

www.nrmp.org

www.nrmp.org

## THE MATCH

NATIONAL RESIDENT MATCHING PROGRAM™

RESIDENCY | FELLOWSHIP | MATCH PROCESS | POL

Who we are

The Canadian Resi... Service (CaRMS) is a for-profit, fee-for-service organization established to facilitate the request of medical residents seeking an independent organization to provide a fair and transparent application and matching process for entry into postgraduate medical training throughout Canada.

www.nrmpconference.org

### TRANSITION TO RESIDENCY:

Conversations Across the Medical Education Continuum

October 1-3, 2015  
Hotel Monteleone, New Orleans, LA

Collectively discuss:

- strengthening transition to residency
- strategies for unmatched applicants
- resident readiness for training

medical school faculty • residency program directors • hospital executives

SHOW US YOUR MATCH FACE. UPLOAD YOUR PIC TO OUR FACEBOOK

The Match is a trusted provider of matching services in the United States. It's 100% objective, 100% efficient, and 100% successful. You ignite your passion.

NRMP STATEMENT REGARDING SINGLE MATCH: At its May 4, 2015 meeting, the National Resident Matching Program Board of Directors issued a **statement** about whether a single Match will result from the single accreditation system for graduate medical education programs under the aegis of the Accreditation Council for Graduate Medical Education.

ALL IN POLICY FOR NEPHROLOGY: (ASN) has notified NRMP it will implement an All In Policy for Nephrology programs participating in the Specialties Matching Program for the 2016 appointment year. [Read ASN All In Policy letter.](#)

UPCOMING DEADLINES | WHAT'S HAPPENING

www.jrmp.jp/matching

www.jrmp.jp/matching3.swf

希望順位表 (定員2名)	希望順位表 (定員2名)	希望順位表 (定員2名)	希望順位表 (定員2名)
1 上野 5 -	1 木村 5 井上	1 井上 5 上野	1 井上 5 川口
2 木村 6 -	2 工藤 6 上野	2 大川 6 江口	2 大川 6 江口
3 - 7 -	3 大川 7 江口	3 工藤 7 木村	3 明石 7 木村
4 - 8 -	4 明石 8 川口	4 明石 8 -	4 上野 8 -

一山プログラム | 双川プログラム | 美村プログラム | 四谷プログラム

一山病院 | 双川病院 | 美村病院 | 四谷病院

## マッチング アルゴリズム図解

START

明石さん	井上さん	上野さん	江口さん	大川さん	川口さん	木村さん	工藤さん
希望順位表	希望順位表	希望順位表	希望順位表	希望順位表	希望順位表	希望順位表	希望順位表
1 双川	1 双川	1 双川	1 一山	1 双川	1 双川	1 双川	1 四谷
2 -	2 一山	2 一山	2 双川	2 一山	2 美村	2 一山	2 双川
3 -	3 -	3 -	3 美村	3 四谷	3 一山	3 四谷	3 一山
4 -	4 -	4 -	4 四谷	4 美村	4 四谷	4 美村	4 美村



# スケジューリング

## スポーツ・スケジューリング

日本経済新聞2001.3.4【32面】

自動作成ソフト 隠れたMVPに

◆両ステージとも優勝決定が最終節までもつれた昨年のJリーグに、隠れたMVPがいた。正式名称「Jリーグ・スケジュール・オプティマイザー」。関係者は親しみを込めて「日程くん」の通称で呼ぶ。

◆Jリーグは昨年、J1の日程を作成するコンピューターソフトを業者と共同開発した。生み出されたのが日程くんだ。

◆日本リーグ時代から手作業で作ってきた組み合わせが、わずか15分で10通りがはじき出されるようになった。

◆日程作りは、様々な条件に縛られるようにしたり、客足の釣

◆日程くんに課せられてムはどういう条件の時に日程を探す。

◆昨季、日程くんが作った2ステージ優勝の鹿島は第直接対決。第1ステージ第が対戦。日程くんが陰のM

◆ただし、日程くんの使命は業では成果が上がらなかったストの組み合わせが作れな期待したい。

### スポーツスケジューリング問題 (1999年2月)

宮代 隆平

卒業論文では、スポーツスケジューリング問題に取り組みました。今回研究したのは、二重総当たりリーグ戦形式で対戦するスポーツ競技のスケジュールを決定する問題です。スケジュール作成対象として、1993年のJリーグを選びました。理論の話はさておき、1993年に実際に行なわれたスケジュールを見てみましょう。

1993年Jリーグのスケジュール

日程くんチーム→

01:	N	M	V	F	S	J	E	R	K	G
02:	F	J	G	S	V	E	K	M	R	N
03:	E	S	N	K	G	V	R	J	M	F
04:	V	K	S	G	R	M	N	E	F	J
05:	G	R	J	N	M	F	S	K	E	V
06:	J	E	R	V	N	M	F	S	K	E
07:	M	F	K	J	E	R	V	N	M	F
08:	R	N	E	M	F	G	J	S	V	K
09:	S	G	F	R	N	K	M	V	J	E
10:	J	G	S	V	E	K	M	R	N	F
11:	M	V	F	S	J	E	R	K	G	N
12:	S	G	R	M	N	E	F	J	M	F
13:	J	N	M	F	S	K	E	V	J	M
14:	V	K	N	G	F	S	M	F	G	J
15:	J	E	R	V	N	M	F	S	K	E
16:	F	G	J	S	V	K	M	V	J	E
17:	V	K	M	V	J	E	R	K	G	N

### 第63期名人戦順位戦、対戦表が完成

4月21日(水)、東京の将棋会館において、第63期(2004年度)名人戦順位戦全クラスの対戦表を決める、厳正な抽選がおこなわれた。出席者は棋士立会の杉本昌隆六段(\*1)、連盟職員、主催紙・毎日新聞の担当記者。朝10時に始められた作業は、夕方18時にはすべて完了。来週の28日(水)には正式に発表される。



対戦表に不備がないか、確認作業をおこなう。(左から)将棋連盟渉外手合課・角塚一夫次長、棋士立会・杉本昌隆六段、毎日新聞・山村英樹記者。

決定する際には、いくつかの条件を考慮し、各クラスによって微妙に順位戦の対戦相手1名、全10回戦制を

対戦がない場合には、今期は必ず対戦する。対戦がない場合には、今期は対戦しない。

9、10回戦も同様。

が3回以上続かないようにする。

など。これらの条件を勘案し、かつては時間と手間と知恵を要しながら進められていた抽選作業も、現在では補助ツールとして専用のパソコンソフトが用いられるようになり、ずいぶん楽になった(\*4)。杉本六段が1から100000までの適当な数字をあげ、職員がソフトに入力すると、一瞬にして対戦カードが決まる。同様に担当記者が適当な数字をあげると、今度はすべての対戦の先手番と後手番が決まった。こうしてできた対戦表は、プリントアウトし、出席者全員で不備がないことを入念に確認した上で、はじめて正式なものとして認定される。

以上のように専用ソフトが用いられるのは、B級2組まで連盟の伝統に基づく手作業方式でおこなわれた。杉本

抽選の際に、来年度

九段一、林裕士



B級1組(定員13名)の抽選の際に使われたスピードの札。1は順位1位の島田八段、2は順位2位の青野照市九段……と取り替わっている。

### 2430試合の組み合わせ

大リーグは30球団が26週間で2430試合を消化する長丁場だ。今季はそのすべてを日程作成が完全にコンピューター化された日程作成のシーズンになる。初めてのシーズンの作成を外部に委託して大リーグは日程の作成を外部に委託して大リーグは公募した中から最も優秀なものを採用しており、今回は米カーネギーメロン大学のマイケル・トリック教授を中心とするグループの日程が選ばれた。

実は、昨年まで23シーズンの日程は、マサチューセッツ州に住むスティーブソン夫妻の手で作られてきた。2人もコンピューターを使うことは、最後の仕上げでものをいづのは長年の経験と勘だった。今回はその「一人間力」が、コンピューターの挑戦に敗れた形だ。

### 窓 論説委員室から

東京大学大学院数情報学専攻の松井知一助教授は、大リーグの日程づくりを「試合数なども考えると、最も難しいものの一つ」といっている。東海岸と西海岸で5時間の時差がある米国で移動が可能か、連戦が2試合を越えないよう配慮されているか、テレビ局が放送しやすいかなど、織り込む要素があまのにも多様なせいで、結果として問題は出てくる。例えば同じ顔合わせが連続してしまったりもその一つで、トリック教授らはそれを減らしたことが評価された。長期的にみればコンピューターの優位は仕動かないのだから、今回敗れた夫妻は仕事への奪回に向けて早くも06年の日程作成に取り組んでいるようだ。〈西山良太郎〉

(\*4) 三リーグの対戦表の作成は順位戦以上に条件が多く、また複雑で、現状ではソフトでは対応しきれないため、いまま手作業でおこなわれている。関係者の間では「上がるのも難しい」と言われているようだ。



# 政策・公共

## 選挙の数理

### 一票の格差問題

平成の大合併が及ぼした  
一票の重みの格差への影響とその考察

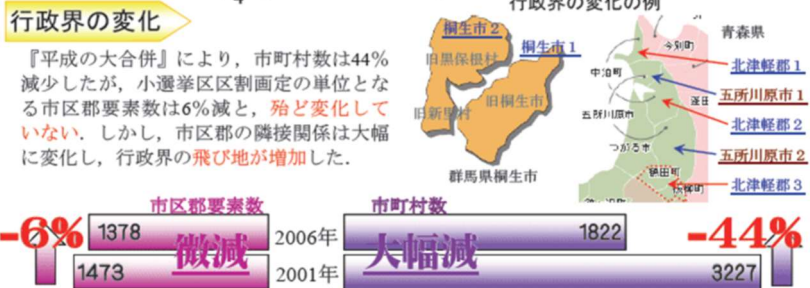
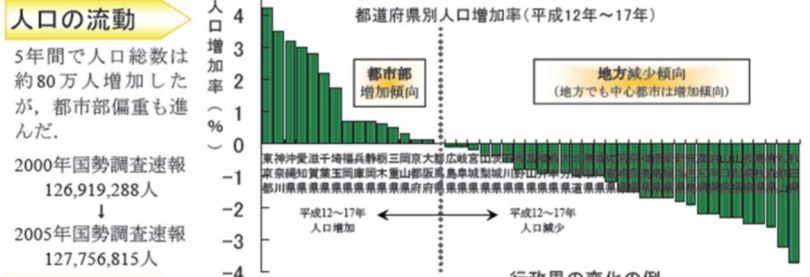
文教大学情報学部 根本俊男・堀田敬介

#### 衆議院選挙小選挙区制（300議席）の現行小選挙区



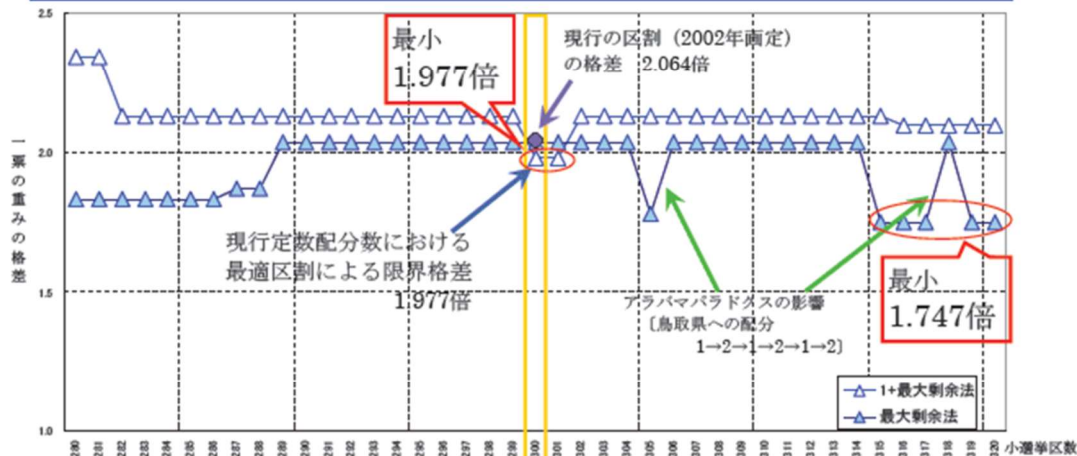
衆議院議員選挙区画定審議会は、平成17年国勢調査速報値の公表に伴う選挙区の見直し審議を行い、その結果、再画定は見送りという結論になった。

#### 小選挙区区割画定を取り巻く2つの大きな変化



## 一票の重みの格差から見た最適小選挙区数

### 現行の定数配分法と1議席事前配分を廃した場合の格差縮小の限界



### 格差縮小のためには制度変更が必須！

定数配分方法以外で、現行の小選挙区区割画定の骨格を作っている主な要素

- ①市区郡行政界を区割線とする原則 → 今後も尊重すべき
- ②飛び地の禁止 → 合衆・ブロック制の議論など課題山積
- ③小選挙区を都道府県内で作る原則 → 技術的・政治的に困難が少ない
- ④衆議院小選挙区数は300

### 平成の大合併の影響大

#### 公平な市区郡分割ルールの作成が急務

- 「区割り案の作成方針」による分割が許される基準
- 分割（A）過大人口市区が存在する場合
  - 分割（B）過小人口選挙区の設置を避ける場合

この基準だけでは対応できない。



### 本研究の主な結果

- 小選挙区数を280～320に変えたとしても、一票の重みの格差を大幅に縮小させることはできず、1.747倍が限界。
- 現状の分割基準では格差縮小に対応できない。

### 限界格差とは？

与えられた定数で一票の重みの格差を最小にする区割を最適区割とよぶ。最適区割の導出は困難だったが、根本・堀田(2003)により初めて全都道府県での導出に成功した。この最適区割の情報から得られる、一票の重みの格差がそれ以上は縮小できないとの限界値を限界格差とよぶ。

(例)愛知県15選挙区



# コンピュータに仕事を奪われる!!

## 参考文献

- [1] 新井紀子「コンピュータが仕事を奪う」日経新聞社 (2010)
- [2] E. Brynjolfsson, A. McAfee, 「機械との競争」日経BP社 (2013)
- [3] C.B.Frey & M.A.Osborne, “*The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?*”, 2013.
- [4] 野村総研「日本の労働人口の49%が人工知能やロボット等で代替可能に」2015.12
- [5] 新井紀子「ロボットは東大に入れるか」イースト・プレス (2014)
- [6] 松尾豊「人工知能は人間を超えるか」角川書店 (2015)
- [7] 小林雅一「AIの衝撃 —人工知能は人類の敵か」講談社 (2015)

※東ロボくん: 2014年11月全国センター模試 472私大(全国私大の8割)でA判定

