

個票データを用いた社会シミュレーションによる 高等学校の授業料無償化制度の分析

○高岡桃香 後藤裕介 (芝浦工業大学)

Analysis of Free Tuition System for High Schools by Social Simulation Using Individual Data

*M.Takaoka and Y.Goto (Shibaura Institute of Technology)

概要一 本研究では、仮想合成人口個票データを用いた多目的最適化社会シミュレーションを行うことで、国が実施する高校無償化に加えて行われる都道府県の授業料補助制度を分析する。家庭の状況によらない教育の機会均等を実現すること、現行制度に存在する格差を是正し、多くの人々が納得できる制度にすることを2つを目的とした多目的最適化を行い、シミュレーション結果から制度を分析することで、政策立案の支援を目指す。

キーワード: 多目的最適化社会シミュレーション, 仮想合成人口個票データ, 高校無償化

1. はじめに

文部科学省によると、中学校卒業者の高等学校等（以下、高校）への進学率は約98%に達し、現在高校は国民的な教育機関となっている¹⁾。その教育にかかる経済的負担の軽減を図り、教育の機会均等を目的とした高等学校等就学支援金制度（以下、高校無償化）が2010年度から実施され、加えて各都道府県には独自の支援制度が存在する。

関連研究では、高校無償化の前後で家庭における教育費支出がどのように変わったかに注目し、制度の影響について考察している²⁾。その結果、公私間の学校教育費の格差が広がり、私立においては十分な教育費支出の抑制効果が得られていないと結論づけた。そして、今後は経済的支援のあり方を実証的に検討していくために、個票データによる分析が望ましいとしている。

また、現実世界では複雑性と不確実性を伴うことから、政策立案においては、様々な代替案がもたらす社会の状態変化のシミュレーションが有効である。これまで社会シミュレーションを用いた経済支援施策の事例として、公的年金制度の分析³⁾や、災害復興過程における雇用創出事業の効果分析⁴⁾などが行われてきたが、高校無償化における都道府県の授業料補助に関する分析は行われていない。

さらに、高校無償化の制度設計には、家庭の状況によらない教育の機会均等を実現すること、現行制度に存在する格差を是正し、多くの人々が納得できる制度にすることを2つの両立が、多様な問題関与者の納得を得るために必要であることから、多目的最適化問題であるといえる。

よって本研究では、個票データを用いた多目的最適化社会シミュレーションを行うことで、都道府県が実施する高校授業料の支援制度の分析を行っていく。

2. 高校無償化制度

国が実施する高校無償化は、2010年4月に施行されて以降、2014年度と2020年度に制度改正が行われており、現在は公立高校に通う場合は年収910万円未満の世帯が、私立高校に通う場合は年収590万円未満の世帯が授業料の実質無償化の対象となっている⁵⁾。高校無償化の概要をまとめたものが、以下のTable 1, Table 2である。

Table 1: 高校無償化の概要（公立）

	所得制限（年収の目安）	公立高校
2010年度～2013年度	全世帯対象	授業料不徴収 （旧：公立高等学校 授業料無償制）
2014年度～2019年度	910万円以上	支援対象外
	910万円未満	月額9,900円 （実質無償化）
2020年度～	910万円以上	支援対象外
	910万円未満	月額9,900円 （実質無償化）

Table 2: 高校無償化の概要（私立）

	所得制限（年収の目安）	私立高校
2010年度～2013年度	350万円以上	月額9,900円（公立高校授業料に相当）
	250万円以上350万円未満	月額14,850円
	250万円未満	月額19,800円
2014年度～2019年度	910万円以上	支援対象外
	590万円以上910万円未満	月額9,900円
	350万円以上590万円未満	月額14,850円
	250万円以上350万円未満	月額19,800円
	250万円未満	月額24,750円
2020年度～	910万円以上	支援対象外
	590万円以上910万円未満	月額9,900円
	590万円未満	月額33,000円（実質無償化）

(注)

1. 文部科学省「2020年4月からの『私立高等学校授業料の実質無償化』リーフレット」⁵⁾をもとに作成
2. 年収は目安であり、所得制限は保護者全員の市

町村民税所得割額が基準である。

3. 年収はモデル世帯(夫婦共働き、子ども2人(うち高校生1人))の場合を想定している。
4. 上記の支給額は、全日制の場合であり、定時制や通信制などでは異なる。

このように、支給金額は最大で19,800円、24,750円、33,000円と推移しており、制度改正ごとに私立に対する支援は手厚くなっているものの、私立高校生のうち現在授業料の実質無償化の対象となるのは約33%⁶⁾で、さらなる支援が必要だと考えられる。

次に、今回分析対象の都道府県に選定した神奈川県が実施する私立高等学校等生徒学費補助金(以下、私立学費補助)について説明する。選定理由は、私立高校への進学率が35%⁷⁾と47都道府県のうち6番目に高く、現在も支援制度が充実しているからである。私立学費補助は、私立高校生を対象として、国の高校無償化と合わせて年収700万円未満の世帯が授業料の実質無償化となり、さらに年収750万円未満の世帯には入学金補助があることや、多子世帯(15歳以上23歳未満の扶養している子ども(中学生を除く)が3人以上いる世帯)は年収800万円未満の世帯が授業料の実質無償化の対象となることが特徴である⁸⁾。制度をまとめたものが以下のFig. 1である。

年収目安 〔モデル世帯〕	授業料補助		入学金補助	授業料 入学金
	高等学校等就学支援金(国)	私立学費補助金(国)		
生活保護～ 住民税非課税世帯	396,000円 (通債制 297,000円)	60,000円 (通債制 159,000円)	210,000円	授業料 456,000円 入学金 210,000円
270万円～ 590万円未満	396,000円 (通債制 297,000円)	60,000円 (通債制 159,000円)	100,000円	授業料 456,000円 入学金 100,000円
590万円～ 700万円未満	118,800円	337,200円	100,000円	授業料 193,200円 入学金 100,000円
700万円～ 750万円未満	118,800円	74,400円	100,000円	授業料 456,000円 入学金 100,000円
多子世帯	118,800円	74,400円	262,800円	授業料 118,800円
750万円～ 800万円未満	118,800円			授業料 456,000円
多子世帯	118,800円	337,200円		授業料 118,800円
800万円～ 910万円未満	118,800円			授業料 193,200円
多子世帯	118,800円	74,400円		

Fig. 1: 私立学費補助の概要

出典：神奈川県「私立学校学費支援制度の
ご紹介」⁸⁾

しかし、現在の私立学費補助の定量的な評価はされておらず、社会シミュレーションを用いた政策立案における意思決定の支援が必要だと考えられる。

3. 関連研究

河野²⁾の研究では、「子供の学習費調査」や「家計調査」の結果を用いて、高校無償化の前後における教育費支出の変化を分析している。その結果、高校無償化により2010年度は学校教育費支出が大きく

減少しているが、その後の2012年度以降については、私立ではどの世帯年収においても学校教育費が増加している一方で、公立では横ばいの傾向にあった。また、教育費支出だけでなく、私立高校への進学率にも影響していることがわかり、世帯年収600万円以上800万円未満の世帯では、高校無償化により私立への進学率を顕著に伸ばした。

また、後藤ら⁹⁾の研究では、進化計算コンペティション2021において出題された『社会シミュレーションによる経済支援政策の設計問題』について解説を行っている。コンペティションで用いられたシミュレーションは、経済支援施策による家計への影響を分析するために、仮想的に合成された各自自治体の個票データを入力としていることが特徴である。本研究では、このシミュレーションを参考にして、分析に必要な属性の追加および目的関数の設定を行っていく。

4. 研究目的・研究方法

本研究では、仮想合成人口個票データ(以下、「個票データ」)を協力研究室から提供していただき、多目的最適化社会シミュレーションを行う。シミュレーション結果から制度を分析することで、政策立案の支援を目指す。研究方法を以下に示す。

- (ア) 個票が導入されたシミュレーションモデルを作成する。
- (イ) 多目的最適化社会シミュレーションを行う。
- (ウ) 最適化された結果と、現在の都道府県の支援制度を比較・分析する。

5. シミュレーションモデル

5.1. シミュレーションの概要

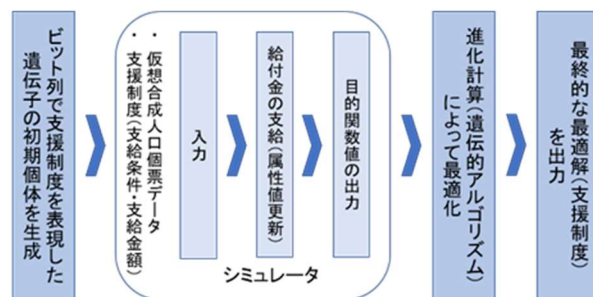


Fig. 2: シミュレーションの全体像のイメージ

Fig. 2はシミュレーションの全体像を整理したものである。はじめに、現在の私立学費補助の支給条件、または支給金額を変化させた遺伝子を生成し、この支援制度を設計変数とする。生成した支援制度と個票データを入力として、給付を行い、家計の経済状況の変化を評価するための目的関数値を出力する。そして、目的関数値を用いて進化計算による支援制度の多目的最適化を行い、最適解を出力する。

5.2. 仮想合成人口個票

仮想合成人口個票は、日本の国勢調査等の公的統計から統計との誤差を最小化するようにして生成した仮想的な個票（住民一人ひとりのデータ）であり、関西大学の村田忠彦研究室が中心となり開発が進められている¹⁰⁾。本研究においても、現実の住民の様々なデータを入手することは不可能であることから、個票データを利用する。

Table 3 はシミュレーションで利用する属性を整理したものである。もとの個票データにおいて各住民は10の属性を持っているが、本研究では世帯ID、世帯人数、住民ID、年齢、収入、雇用形態IDの6つの属性を利用し、世帯IDごとに収入と就労人数の総計を求めた世帯収入、就労人数と、子どもの役割ID、子どもの構成ID、学校教育費（公立、私立）の合計5つの属性を追加した。

Table 3: シミュレーションで利用する属性

属性	カラム名
世帯ID	household_id
世帯人数	num_member
住民ID	person_id
年齢	age
収入 ¹⁾	total_income
雇用形態ID ²⁾	employment_type_id
世帯収入	h_total_income
就労人数	num_employment
子どもの役割ID	role_h_child_type_id
子どもの構成ID	group_children_id
学校教育費 ³⁾ （公立、私立）	tuition_public, tuition_private

(注)

- 賃金構造基本統計調査に基づく月給換算
- 農業、漁業、公務、分類不能の産業の産業分類では空欄である
- 平成30年度子供の学習費調査に基づく月給換算

Table 4: 雇用形態 ID の詳細

employment_type_id	employment_type
-1	非就業者
10	一般労働者
20	短時間労働者
30	臨時労働者

Table 5: 子どもの役割 ID の詳細

role_h_child_type_id	role_h_child_type	条件
0	分類対象外	0~15歳, 23歳以上
3	私立高校生	16~18歳の非就業者
5	公立高校生	16~18歳の非就業者
100	特定扶養親族	19~23歳の非就業者

子どもの役割IDのうち、16~18歳の高校生は、学校基本調査から都道府県別の私立高校への進学率を用いて、私立か公立の判定を行う。分析対象とした神奈川県は私立進学率が35%であるため、本研究ではこの値を用いた。

Table 6: 子どもの構成 ID の詳細

group_children_id	group_children
1	高校生1人, 特定扶養親族0人
2	高校生1人, 特定扶養親族1人
3	高校生2人, 特定扶養親族0人
4	多子世帯

高校無償化と私立学費補助の目安となる年収は、Table 6の4つの子どもの構成によって異なる。そのため、Table 5の子どもの役割IDを用いて子どもの構成を分類することで、属性を追加した。

Table 7: 公立の学校教育費の詳細

tuition_public	条件
20,900	年収400万円未満の世帯の公立高校生
22,800	年収400万円以上600万円未満の世帯の公立高校生
23,500	年収600万円以上800万円未満の世帯の公立高校生
26,200	年収800万円以上1000万円未満の世帯の公立高校生
23,500	年収1000万円以上1200万円未満の世帯の公立高校生
25,000	年収1200万円以上の世帯の公立高校生

Table 8: 私立の学校教育費の詳細

tuition_private	条件
48,300	年収400万円未満の世帯の私立高校生
55,100	年収400万円以上600万円未満の世帯の私立高校生
61,800	年収600万円以上800万円未満の世帯の私立高校生
59,800	年収800万円以上1000万円未満の世帯の私立高校生
63,800	年収1000万円以上1200万円未満の世帯の私立高校生
71,500	年収1200万円以上の世帯の私立高校生

本研究における学校教育費とは、学校教育のために各家庭が支出した全経費で、学校が一律に徴収する経費及び必要に応じて各家庭が支出する経費の合計（授業料、施設設備費等、入学金など）と定義する。子供の学習費調査から、学校区分、年収ごとに算出したTable 7, Table 8の学校教育費を、各高校生に割り当てる。

5.3. 高校無償化の再現

制度設計による家計の経済状況への影響を分析するために、高校無償化の給付を再現し、これを支給前の家計の経済状況とする。高校無償化の支給対象と支給金額をまとめたものが、以下のTable 9, Table 10である。

Table 9: 高校無償化の支給条件と支給金額（私立）

支給金額 payment	子どもの構成ID group_children_id	就労人数 num_employment	世帯収入 h_total_income
9,900	1	0or1	< 760,000
	2,4	0or1	< 800,000
	3	0or1	< 790,000
	1	≥ 2	< 860,000
	2,4	≥ 2	< 910,000
	3	≥ 2	< 890,000
33,000	1	0or1	< 490,000
	2,4	0or1	< 540,000
	3	0or1	< 530,000
	1	≥ 2	< 550,000
	2,4	≥ 2	< 620,000
	3	≥ 2	< 600,000

Table 10: 高校無償化の支給条件と支給金額（公立）

支給金額 payment	子どもの構成ID group_children_id	就労人数 num_employment	世帯収入 h_total_income
9,900	1	0or1	< 760,000
	2,4	0or1	< 800,000
	3	0or1	< 790,000
	1	≥ 2	< 860,000
	2,4	≥ 2	< 910,000
	3	≥ 2	< 890,000

5.4. 支援制度

私立学費補助は、24種類の支給条件に分かれて支給金額が定められている。支給条件と支給金額をまとめたものが Table 11 である。

Table 11: 私立学費補助の支給条件と支給金額

支給条件番号 j	子どもの構成ID group_children_id	就労人数 num_employment	世帯収入 h_total_income	支給金額 payment
1	1	0or1	< 490,000	5,000
2			< 580,000	28,100
3			< 625,000	6,200
4		≥ 2	< 550,000	5,000
5			< 620,000	28,100
6			< 680,000	6,200
7	2	0or1	< 540,000	5,000
8			< 630,000	28,100
9			< 675,000	6,200
10		≥ 2	< 620,000	5,000
11			< 710,000	28,100
12			< 750,000	6,200
13	3	0or1	< 530,000	5,000
14			< 625,000	28,100
15			< 670,000	6,200
16		≥ 2	< 600,000	5,000
17			< 690,000	28,100
18			< 730,000	6,200
19	4	0or1	< 490,000	5,000
20			< 670,000	28,100
21			< 760,000	6,200
22		≥ 2	< 550,000	5,000
23			< 725,000	28,100
24			< 860,000	6,200

よって、支援制度の設計は、 j 番目の支給条件について、支給条件（世帯収入の基準） l_j と支給金額 m_j を決定することとする。このとき、支給条件を決定変数として最適化するときには、24 の支給条件に

ついて世帯収入の基準 ($l_j=1, l_j=2, l_j=3, \dots, l_j=24$) を探索する。支給金額を決定変数として最適化するときには、24 の支給条件について支給金額 ($m_j=1, m_j=2, m_j=3, \dots, m_j=24$) を探索する。

5.5. 経済指標

支援制度の影響を評価するために2つの経済指標を考える。相対的貧困にある高校生を減らすことを目的とする目的関数 F_1 は、支給前の相対的貧困にある高校生の数を H 、支給後の相対的貧困にある高校生の数を H^* としたときに(1) 式と定義する。

$$F_1 = \frac{H^*}{H} \quad (1)$$

相対的貧困とは、貧困線を下回る等価可処分所得しか得ていない状態であり、貧困線とは、等価可処分所得（世帯の可処分所得（手取り収入）を世帯人員の平方根で割って調整した所得）の中央値の半分の額をいう¹¹⁾。本研究では、十分に数が大きい2~6人世帯（無収入の世帯を除く）を対象とし、支給前後での相対的貧困にある高校生の数を用いて F_1 を計算する。世帯人員数ごとの相対的貧困にあたる収入は以下の Table 12 のとおりである。

Table 12: 世帯人員数ごとの相対的貧困

世帯人員数（人）	2	3	4	5	6
相対的貧困（円未満）	165,000	210,000	241,700	270,000	296,700

(注)

1. 2019年度国民生活基礎調査に基づく月収換算

次に、私立の学校教育費を公立の学校教育費に近づけることを目的とする目的関数 F_2 は、支給後の私立高校生1人あたりの学校教育費を L 、公立高校生1人あたりの学校教育費を M としたときに(2) 式と定義する。

$$F_2 = \frac{L - M}{L} \quad (2)$$

5.6. 解集合の獲得

本研究では、多目的最適化にあたり、2目的最適化に高い性能を示し、代表的手法である NSGA-II¹²⁾ を採用した。支援制度を表す決定変数は、支給条件となる世帯収入の2進数をバイナリ表現した7ビット×24パターン=168ビット、または、支給金額の2進数をバイナリ表現した6ビット×24パターン=144ビットの長さにコード化を行った。予備実験をふまえて、シミュレーションではすべての状況について共通した設定を用い、個体数100、世代数10、一様交叉（交叉確率0.9）、突然変異確率0.05とした。また、個票データのセットが複数存在することを不確

実性として捉えて、各シミュレーション異なる *seed* 値で3回ずつ実行していく。

6. シミュレーションによる支援制度の多目的最適化

6.1. 現在の私立学費補助の給付を行った場合

現在の私立学費補助による給付を行うことで、支援制度がどの程度最適化されたのか評価するための基準となる値 *Reference* を計算する。Table 11 の支給条件と支給金額での給付を行った結果、 $Reference(F_1, F_2) = (0.937, 0.469)$ であった。

6.2. 支給条件を変化させた場合

本節では、支給条件を変化させることで支援制度の設計を行う。Table 11 の世帯収入にあたる部分を0~127万円でランダムに決定し、初期個体の生成を行った。予備実験より、現在の私立学費補助の総額は「私立高校生の数*7,000円」であることから、これを支給総額の上限とした場合と、10,000円、15,000円に増額した場合で実行した。これらの結果を以下のFig. 3に示す。7000_ParetoFront が7,000円の場合のパレートフロントを、10000_ParetoFront が10,000円の場合のパレートフロントを、15000_Pop が15,000円の場合の最終世代における解集合を、15000_ParetoFront が15,000円の場合のパレートフロントを、Reference が6.1で求めた基準値を表している。なお、これらの結果は、3回実行したうちHyperVolumeが最も大きかったseed値のものを採用している。

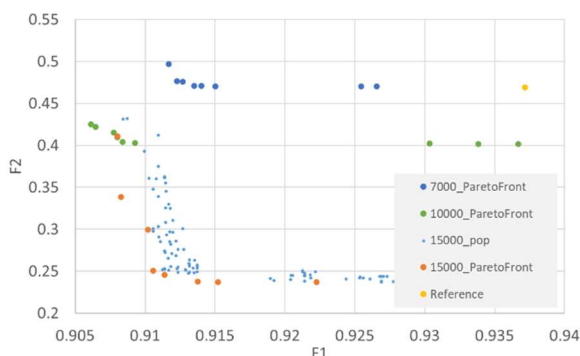


Fig.3: 支給条件を変化させた場合の解分布

現在の予算制約の7,000円で実行した場合、 F_1 の探索は進んだものの、 F_2 の探索は進まなかった。また、10,000円、15,000円と増額するごとに、 F_2 の探索は大きく進んだのに対して、 F_1 は探索が進まなかった。

6.3. 支給金額を変化させた場合

本節では、支給金額を変化させることで支援制度の設計を行う。Table 11 の支給金額の±5,000円の範囲で初期個体を生成した(進化計算の過程でこの範

囲外の金額が最適解となることもあり得る)。支給総額の上限は、6.2.同様「私立高校生の数*7,000円」と、10,000円、15,000円に増額した場合で実行した。これらの結果を以下のFig. 4に示す。

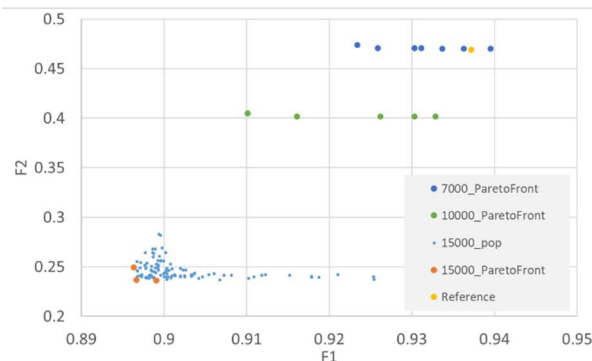


Fig. 4 支給金額を変化させた場合の解分布

F_2 に関しては、支給条件を変化させた場合と同じ傾向の結果が得られたものの、予算制約を10,000円、15,000円と増額するごとに支給条件を変化させた場合と比べて F_1 は探索がさらに進んだといえる。

7. 支援制度の分析・比較

まず、使用した個票データについて、子どもの構成IDと就労人数の8パターンごとに人数を集計したものを以下のTable 13に示す。

Table 13: 属性ごとの人数

子どもの構成ID group_children_id	就労人数 num_employment	人数()は無収入 n
1	0or1	31,059 (8,297)
	≥2	26,035
2	0or1	3,553 (676)
	≥2	3,378
3	0or1	5,012 (858)
	≥2	4,579
4	0or1	950 (165)
	≥2	939

このように、神奈川県私立高校生を含む世帯の大半は、子どもの構成IDが1、すなわち高校生1人かつ特定扶養親族0人であることがわかる。また、個票データの生成方法の関係上、現実よりも無収入の世帯が多く含まれている。

Table 13をふまえて、現在の予算制約「私立高校生の数*7,000円」における支援制度の分析・比較を行う。Referenceに比べては F_2 が改悪するものの F_1 の探索が進んだ支援制度と、私立学費補助を比較したものが以下のTable 14, Table 15である。 j はTable 11の支給条件番号に即しており、Table 14はTable 11の世帯収入部分を変化させて、Table 15はTable 11の支給金額部分を変化させることで支援制度を表している。また、支援制度の傾向を分析するため

に、24の支給条件ごとに人数を数えている。

Table 14: 最適化された支援制度との比較
(支給条件を変化, 予算制約 7,000 円)

j	支給金額 payment	F_1 の探索が進んだ支援制度		私立学費補助	
		世帯収入 h_total_income	人数 n	世帯収入 h_total_income	人数 n
1	5,000	<100,000	12,411	<490,000	25,941
2	28,100	<280,000	3,710	<580,000	3,089
3	6,200	<1,130,000	14,937	<625,000	934
4	5,000	<10,000	0	<550,000	7,937
5	28,100	<320,000	1,427	<620,000	4,170
6	6,200	<90,000	0	<680,000	1,929
7	5,000	<20,000	677	<540,000	3,018
8	28,100	<370,000	1,308	<630,000	345
9	6,200	<740,000	1,534	<675,000	103
10	5,000	<140,000	8	<620,000	1,402
11	28,100	<340,000	207	<710,000	570
12	6,200	<50,000	0	<750,000	255
13	5,000	<1,080,000	5,012	<530,000	4,203
14	28,100	<20,000	0	<625,000	566
15	6,200	<1,100,000	0	<670,000	137
16	5,000	<950,000	4,159	<600,000	1,709
17	28,100	<590,000	0	<690,000	793
18	6,200	<870,000	0	<730,000	343
19	5,000	<490,000	731	<490,000	731
20	28,100	<370,000	0	<670,000	172
21	6,200	<510,000	23	<760,000	39
22	5,000	<200,000	36	<550,000	269
23	28,100	<770,000	619	<725,000	306
24	6,200	<1,030,000	246	<860,000	214

Table 14 の $j=2$ に注目すると、10万円以上28万円未満の世帯に最高金額である28,100円を支給している、この収入範囲内には、2~5人世帯における相対的貧困のボーダーラインが含まれているため、支給後に相対的貧困が解消されやすく、結果的に F_1 が小さくなったと考えられる。

Table 15: 最適化された支援制度との比較
(支給金額を変化, 予算制約 7,000 円)

j	世帯収入 h_total_income	F_1 の探索が進んだ支援制度		人数 n
		支給金額 payment	支給金額 payment	
1	<490,000	0	5,000	25,941
2	<580,000	0	28,100	3,089
3	<625,000	17,000	6,200	934
4	<550,000	16,000	5,000	7,937
5	<620,000	3,000	28,100	4,170
6	<680,000	3,000	6,200	1,929
7	<540,000	0	5,000	3,018
8	<630,000	12,000	28,100	345
9	<675,000	1,000	6,200	103
10	<620,000	2,000	5,000	1,402
11	<710,000	12,000	28,100	570
12	<750,000	20,000	6,200	255
13	<530,000	40,000	5,000	4,203
14	<625,000	16,000	28,100	566
15	<670,000	39,000	6,200	137
16	<600,000	41,000	5,000	1,709
17	<690,000	18,000	28,100	793
18	<730,000	2,000	6,200	343
19	<490,000	47,000	5,000	731
20	<670,000	58,000	28,100	172
21	<760,000	32,000	6,200	39
22	<550,000	37,000	5,000	269
23	<725,000	22,000	28,100	306
24	<860,000	24,000	6,200	214

Table 15 における探索後の支援制度では、 $j=1, 2, 7$ の支給金額が0円である代わりに、 $j=13, 16, 19, 22$ の支給金額が多い傾向にある。このことから、 $j=13, 16, 19, 22$ には数万円の支給を行うことで相対的貧困が解消される高校生が多く含まれていることがわかる。逆に、 $j=1$ や $j=7$ には数万円の支給を行うだけでは相対的貧困から救えない高校生が多く含まれていて、これらに対しては支援を行わない、ある意味では合理的な支援制度となっている。

また、私立学費補助の支給総額は531,373,900円であるのに対して、 F_1 の探索が進んだ支援制度の支給総額は、支給条件を変化させた場合423,273,100円で1億800万円ほど予算に余裕があり、支給金額を変化させた場合515,104,000円で1600万円ほど予算に余裕がある。 F_2 は支給総額に依存した計算式であるため、支給総額が私立学費補助より少ない、最適化された支援制度では F_2 が改悪したのは当然の結果といえる。予算上限まで支給せずとも F_1 が改善されたことから、現在の私立学費補助は、 F_2 の観点からみると適切であるものの、 F_1 の観点からみると改善の余地があり、低所得層への支援を手厚くすることが求められる。

次に、予算制約を15,000円に増額して最適化された支援制度の分析を行う。パレートフロントのうち対象のパレート解と、最終世代の個体のうち周辺10点の平均により求めた支援制度を、以下のTable 16, Table 17に示す。

Table 16: 最適化された支援制度との比較
(支給条件を変化, 予算制約 15,000 円)

j	支給金額 payment	F_1 の探索が進んだ支援制度		Reference1と最も距離が近い支援制度	F_2 の探索が進んだ支援制度	
		世帯収入 h_total_income	世帯収入 h_total_income	世帯収入 h_total_income	世帯収入 h_total_income	世帯収入 h_total_income
1	5,000	<77,000	<19,000	<238,000	<490,000	
2	28,100	<467,000	<921,000	<674,000	<580,000	
3	6,200	<730,000	<729,000	<652,000	<625,000	
4	5,000	<44,000	<389,000	<349,000	<550,000	
5	28,100	<338,000	<443,000	<706,000	<620,000	
6	6,200	<645,000	<659,000	<734,000	<680,000	
7	5,000	<699,000	<883,000	<819,000	<540,000	
8	28,100	<649,000	<630,000	<794,000	<630,000	
9	6,200	<692,000	<630,000	<569,000	<675,000	
10	5,000	<458,000	<560,000	<413,000	<620,000	
11	28,100	<730,000	<779,000	<763,000	<710,000	
12	6,200	<590,000	<702,000	<473,000	<750,000	
13	5,000	<514,000	<742,000	<693,000	<530,000	
14	28,100	<846,000	<649,000	<672,000	<625,000	
15	6,200	<634,000	<602,000	<751,000	<670,000	
16	5,000	<315,000	<611,000	<505,000	<600,000	
17	28,100	<529,000	<695,000	<786,000	<690,000	
18	6,200	<286,000	<430,000	<494,000	<730,000	
19	5,000	<179,000	<332,000	<454,000	<490,000	
20	28,100	<736,000	<714,000	<602,000	<670,000	
21	6,200	<947,000	<763,000	<851,000	<760,000	
22	5,000	<560,000	<642,000	<734,000	<550,000	
23	28,100	<928,000	<104,4000	<909,000	<725,000	
24	6,200	<853,000	<573,000	<718,000	<860,000	

支給条件を変化させた場合、Referenceと最も距離が遠く、 F_1 と F_2 がバランスよく探索が進んだ支援制度は、 $j=2$ の支給対象となる世帯年収を19,000円

以上 921,000 円未満と幅広くとることで、支給総額を上限に近づけて私立の学校教育費を減額しつつ、相対的貧困の救済をある程度両立している。 F_1 の探索が最も進んだ支援制度は、 $j=2, 5$ の部分が相対的貧困のボーダーラインを含んでおり、これらの高校生に最高金額の 28,100 円を支給することで相対的貧困の解消を実現している。逆に、 F_2 の探索が最も進んだ支援制度は、 $j=3n+2$ (n は自然数) 番目、すなわち 28,100 円の支給対象となる人数が 3 つの支援制度の中で最も多く、支給総額が予算の上限に近づくよう効率的な配分を行っている特徴がある。

Table 17: 最適化された支援制度との比較
(支給金額を変化, 予算制約 15,000 円)

j	世帯収入 h_total_income	Reference1と最も	私立学費補助	人数 n
		支給金額 payment	支給金額 payment	
1	< 490,000	4,300	5,000	25,941
2	< 580,000	3,900	28,100	3,089
3	< 625,000	34,900	6,200	934
4	< 550,000	46,100	5,000	7,937
5	< 620,000	3,000	28,100	4,170
6	< 680,000	9,500	6,200	1,929
7	< 540,000	7,600	5,000	3,018
8	< 630,000	20,400	28,100	345
9	< 675,000	49,100	6,200	103
10	< 620,000	20,000	5,000	1,402
11	< 710,000	32,800	28,100	570
12	< 750,000	40,500	6,200	255
13	< 530,000	62,100	5,000	4,203
14	< 625,000	10,000	28,100	566
15	< 670,000	39,000	6,200	137
16	< 600,000	59,000	5,000	1,709
17	< 690,000	38,800	28,100	793
18	< 730,000	21,600	6,200	343
19	< 490,000	58,100	5,000	731
20	< 670,000	39,900	28,100	172
21	< 760,000	26,400	6,200	39
22	< 550,000	37,000	5,000	269
23	< 725,000	33,300	28,100	306
24	< 860,000	8,700	6,200	214

支給金額を変化させた場合、Reference と最も距離が遠い支援制度は、 F_1 の探索が最も進んだ支援制度でもあった。これは、 $j=1$ への支援をあまり行わない代わりに、 $j=4, 13, 16, 19$ の支給金額を大きくしてこれらの相対的貧困にある高校生の救済に重きを置くことで、 F_1 が小さくなったことが考えられる。しかし、予算制約を 15,000 円としたときの上限額の 88%しか支援制度には使われていない。このことから、 F_1 を小さくすること、予算を上限まで使用して F_2 を小さくすることは両立しえないといった興味深い考察が得られる。

くわえて、本研究では神奈川県に限定した分析を行ったが、設計変数を変化させることで他の都道府県の分析が可能であることと、目的関数を変化させることで他の経済的観点から制度の分析が可能であることから、汎用性の高いシミュレーションであるといえる。

8. まとめ

本研究では、個票データを用いた多目的最適化社会シミュレーションを行い、神奈川県私立授業料補助制度を分析した。その結果、現在の制度は、考慮した目的において、学校教育費の観点からみると適切であるものの、相対的貧困解消の観点からみると改善の余地があり、低所得層へのさらなる支援が必要であることがわかった。また、個票データを用いることで、支援制度が、どのような特徴を持つ高校生を対象として、何人にいくら支給されたのか詳しく分析することが実現した。今後の課題として、新たな経済指標を設定して多目的最適化を行い、支援制度を分析することと、設計変数部分を改良して、神奈川県以外の都道府県の支援制度を分析および比較することが挙げられる。

謝辞

本研究は JST 未来社会創造事業 JPMJMI20B3 の支援を受けたものである。

参考文献

- 1) 文部科学省: 文部科学白書, 118 (2008)
- 2) 河野雄飛: 家計の高校教育費支出と学校選択における変化, 法政大学大学院紀要, **79**, 155/163 (2017)
- 3) 杜逆索, 村田忠彦: 公的年金制度における 47 都道府県の所得代替率に関する考察, システム制御情報学会論文誌, **29-9**, 422/431 (2014)
- 4) Goto, Y.: Stylized Fact Analysis of Cash-For-Work Programs in the Disaster Reconstruction Process, in *Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 1140/1145 (2018)
- 5) 文部科学省: 2020 年 4 月からの「私立高等学校授業料の実質無償化」リーフレット
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/mushouka/1418201.htm
- 6) e-Stat: 平成 30 年度 子供の学習費調査
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00400201&tstat=000001012023&cycle=0&tclass1=00001135827&tclass2=000001135828&tclass3=00001135839&tclass4val=0>
- 7) e-Stat: 令和 3 年度 学校基本調査
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00400001&tstat=000001011528&cycle=0&tclass1=00001161251&tclass2=000001161406&tclass3=00001161407&tclass4=000001161414&tclass5=00000>

[1161415&stat_infid=000032155987](https://www.pref.kanagawa.jp/docs/v3e/jyosei/gakuhisien/index.html)

- 8) 神奈川県: 私立学校学費支援制度のご紹介
<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/v3e/jyosei/gakuhisien/index.html>
- 9) 後藤裕介, 森田裕之, 白井康之, 市川尚, 濱田直希, 原田智広: 社会シミュレーションによる経済支援施策の設計, 進化計算学会論文誌, **13-1**, 23/39 (2022)
- 10) 杉浦翔, 村田忠彦, 原田拓弥: 賃金構造基本統計調査に基づく合成世帯集団の労働者への所得の割当て, システム制御情報学会論文誌, **32-2**, 69/78 (2019)
- 11) 厚生労働省: 相対的貧困率等に関する調査分析結果について
https://www.mhlw.go.jp/seisaku_nitsuite/soshiki/toukei/tp151218-01.html
- 12) K. Deb, A. Pratap, S. Agarwal and T. Meyarivan: A Fast Elitist Multi-Objective Genetic Algorithm: NSGA-II, *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, **6**, 182/197 (2002)