

理数系人材の産業界での活躍に向けた 意見交換会

経済産業省

理数人材が、AIなど先端ITの競争力において決定的に重要

AI・ITにおいて求められる理数人材

- 理数系の基礎研究の人材レベルにおいて、GoogleやAmazon、Microsoft等の巨大IT企業の研究所が、スタンフォード大学、マサチューセッツ工科大学といったトップ大学を凌駕
- Googleの共同創業者セルゲイ・ブリンは、メリーランド大学で、計算機科学と数学を専攻。1993年理学士号取得
- 日本のAIトップ研究者のバックグラウンドも理数系
樋口知之 統計数理研究所 所長
(東大理学部地球物理学専攻博士課程修了)
佐藤一誠 東京大学大学院新領域創成科学研究科講師
(東大情報理工学系研究科博士課程修了)
福水健次 統計数理研究所 教授
(京大理学部数学専攻博士課程修了)
- 日本のIT業界で活躍する理論物理学者
楽天株式会社執行役員 北川拓也氏
1985年生まれ。ハーバード大学で数学、物理学を専攻し、最優等で卒業。2013年ハーバード大学院博士課程修了

企業の声

- コンピューターサイエンスの専門性よりも、現実世界の興味関心と数学・物理の理論的理解が、大学1・2年生の段階で結びつく機会を与えることが必要
- 新卒は情報系を専攻にしている人が多いが、数学や物理専攻でプログラミングができる人も採用。開発の中心メンバーも数学科出身
- ディープラーニングの理論を数学（線形代数、統計、確率）の基礎知識をもとに理解し、実装する能力をもつ人材が必要
- 社内の膨大なビッグデータを解析できる人材が不足。数学・物理系人材や計算科学人材が必要だが、現状は、機械・電子・材料系が多い
- 基礎的数学の素養がある国公立大学や理数系大学の学生を求めている（一般教養レベルの数学でよい）
- AI関連では、ユーザーのニーズを汲む「AIコンサルタント」、提案を行う「AI事業企画」、システムへの組み込みと構築を行う「AIアナリスト」「AIアーキテクト」、AIを活用する「AIエンジニア」がいる。AIエンジニア以外は、数学の知識が必須。特に「AIアナリスト」と「AIアーキテクト」の人材が数百名規模で足りない
- 理工学、計数工学、数学科、物理学科の修士レベルの人材を求めている

各国の数学関係調査（概要）

- **数学（理数）に直接関連した職による経済効果**が注目を集めている。

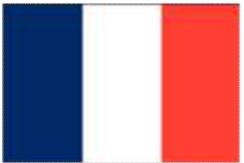
イギリス



- ◆ 数学による英国経済への貢献度は約2000億ポンド（**GVAの16%**）、**雇用の10%**と試算。
- ◆ 数学は応用が効くスキルと評価され、大学院で**数学を修了した人材は他分野の修了者よりも高所得**（2007-08年修了者。修了後6ヶ月時点）。
- ◆ “The Era of Mathematics”（「**数学の時代**」）と題したレポートを公表。**数学がイノベーションを生む中核**であると強調。

*GVA=Gross Value Added, 粗付加価値

フランス



- ◆ 数学によるフランス経済への貢献度は約2850億ユーロ（**GNPの15%**）、**雇用の9%**と試算。
- ◆ 仏の数学者は世界トップ水準という現状認識だが、**海外企業への頭脳流出**を危惧。

オランダ



- ◆ 数学に直接関連した職業が生み出す経済効果は**GVAの13%**、**雇用の11%**と試算。
- ◆ 今後の**数学・科学・工学人材の不足**が、**競争力低下に繋がる可能性**に対して警鐘。

オーストラリア



- ◆ 理数系科学（物理、化学、地球科学、数学）に直接関連した職業が生み出す経済効果は**GVAの11%**、**雇用の7%**と試算。

“MATHEMATICAL SCIENCES: DRIVING THE UK ECONOMY”, CMS, 2016

“One Step Beyond: Making the most of postgraduate education”, BIS, 2010

“THE ERA OF MATHEMATICS”. EPSRC, 2018

“A Study of the Socio-Economical impact of Mathematics in France”, AMIES, 2015

“FOR A MEANINGFUL ARTIFICIAL INTELLIGENCE”, Cedric Villani, 2018

“Mathematical sciences and their value for the Dutch economy”, PWN, 2014

“THE IMPORTANCE OF ADVANCED PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES TO THE AUSTRALIAN ECONOMY”, AAS, 2015

本来、日本人の科学的リテラシー、数学リテラシーは国際的に上位

● 全参加国・地域(72か国・地域)における比較

	科学的リテラシー	平均 得点	読解力	平均 得点	数学的リテラシー	平均 得点
1	シンガポール	556	シンガポール	535	シンガポール	564
2	日本	538	香港	527	香港	548
3	エストニア	534	カナダ	527	マカオ	544
4	台湾	532	フィンランド	526	台湾	542
5	フィンランド	531	アイルランド	521	日本	532
6	マカオ	529	エストニア	519	北京・上海・江蘇・広東	531
7	カナダ	528	韓国	517	韓国	524
8	ベトナム※	525	日本	516	スイス	521
9	香港	523	ノルウェー	513	エストニア	520
10	北京・上海・江蘇・広東	518	ニュージーランド	509	カナダ	516

OECD生徒の学習到達度調査 (PISA)

義務教育終了段階の15歳児の生徒の知識・技能をどの程度活用できるかを評価。
3分野について、3年ごとに調査を実施。72か国・地域から約54万人が参加。
日本を含む白塗りがOECD加盟国

国際数学・情報オリンピック（2018）

●第59回国際数学オリンピック ルーマニア大会（2018）

氏名	学校名	学年	メダル
黒田 直樹	灘高等学校	高3	金
清原 大慈	筑波大学附属駒場高等学校	高3	銀
新居 智将	開成高等学校	高3	銀
馬杉 和貴	洛南高等学校	高1	銀
西川 寛人	愛知県立明和高等学校	高3	銅
渡辺 直希	広島大学附属高等学校	高1	銅

- 参加国107カ国・地域、594名（男子534名、女子60名）中、日本の国際順位は13位
- 日本からは6名が参加し、全員がメダルを獲得

国際順位は上位から、
 1.アメリカ、2.ロシア、3.中国、4.ウクライナ、5.タイ、6.台湾、7.韓国、8.シンガポール、9.ポーランド、10.インドネシア、11.オーストラリア、12.イギリス、**13.日本・セルビア**、15.ハンガリー、16.カナダ、17.イタリア、18.カザフスタン、19.イラン、20.ベトナム

●第30回国際情報オリンピック 日本大会（2018）

氏名	学校名	学年	メダル
井上 航	北九州工業高等専門学校	高3	金
細川 寛晃	灘高等学校	高3	銀
清水 郁実	N高等学校	高3	銅
行方 光一	筑波大学附属駒場高等学校	高2	銅
米田 優峻	筑波大学附属駒場高等学校	高1	金(相当)
米田 寛峻	開成高等学校	高1	銀(相当)
平木 康傑	灘高等学校	高1	銀(相当)
岸田 陸玖	京都市堀川高等学校	高3	銅(相当)

- 参加国87カ国・地域、335名中、日本の国際順位は12位
- 日本からは4名が参加し、全員がメダルを獲得
- また、主催国として、国内予選次点の4名が参加。公式記録や表彰の対象にならないが、競技には参加し、全員がメダル相当の成績を残している

国際順位は上位から、(※)
 1.中国、2.韓国、3.アメリカ、4.ベラルーシ、ロシア、6.ポーランド、7.ジョージア、8.カナダ、9.イラン、ウクライナ、シンガポール、**12.日本・ベトナム**、14.イスラエル、15.トルコ、ブルガリア、17.アルゼンチン、18.マレーシア、19.台湾、20.インドネシア

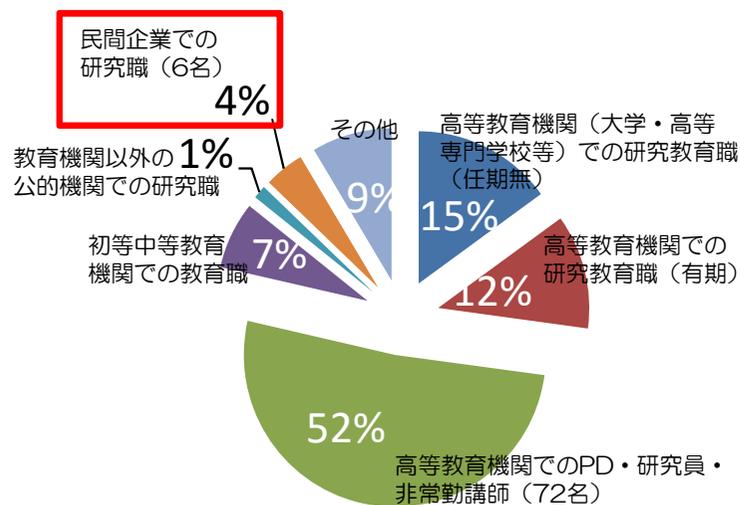
※国際情報オリンピック(IOI)は個人戦であり公式データとしての国別順位は存在せず、公開されている競技結果(英語)を元に情報オリンピック日本委員会が独自に作成したもの

数学・数理科学分野の博士後期課程修了者の進路調査

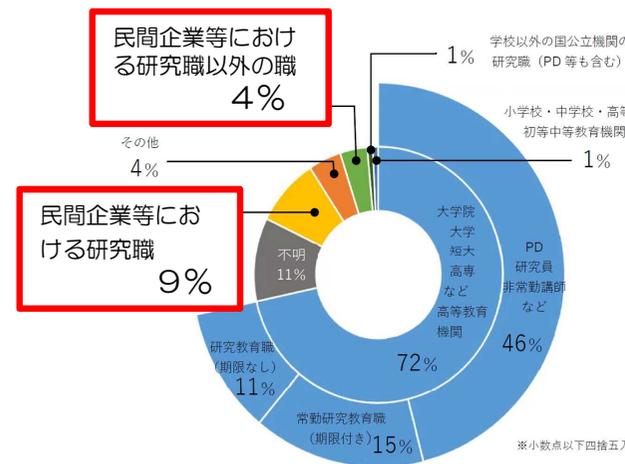
日本数学会が数学・数理科学分野の教育研究機関に対して行ったアンケート結果によると、2013、②015年度、2016年度の博士後期課程修了者の進路は以下の通り。

- ◆ 大学院・大学等で職を得ている者は、全体の【2013年度】79%、【2015年度】72%、【2016年度】69%
- ◆ うち、期限なしの研究職を得た者は、全体の【2013年度】15%、【2015年度】11%、【2016年度】11%
- ◆ **企業就職者**は、全体の【2013年度】**4% (6名)**、【2015年度】**13% (17名)**、【2016年度】**12% (17名)**

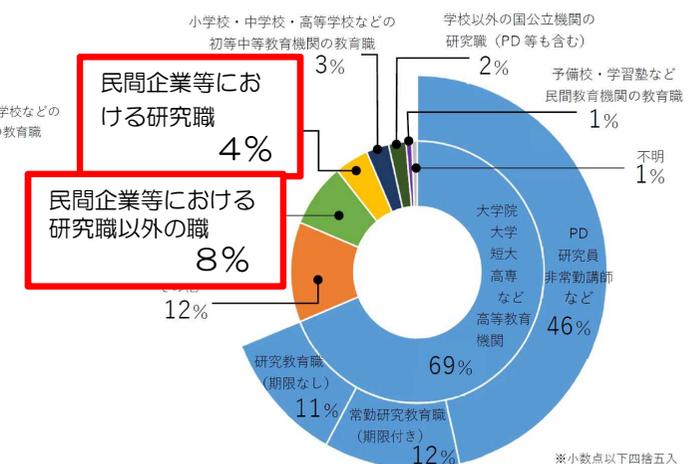
2013年度修了者



2015年度修了者



2016年度修了者



(日本数学会社会連携協議会調査より)

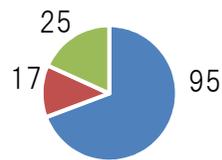
数学・数理科学専攻博士課程学生のキャリアパス

数学・数理科学専攻の博士課程修了者について、

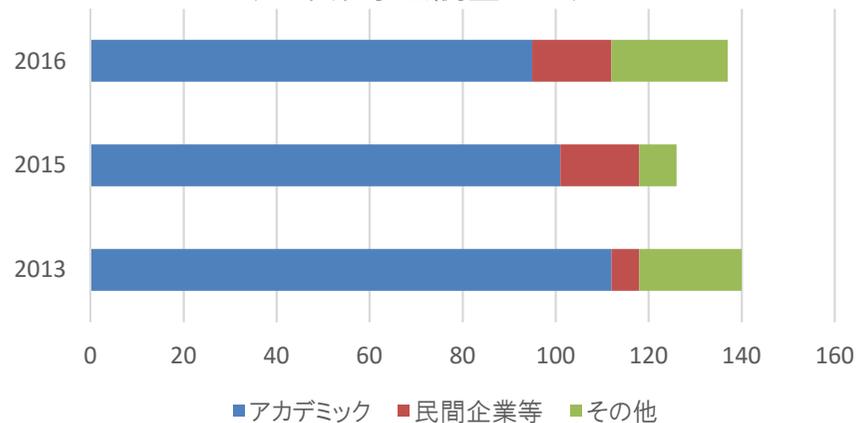
- 日本ではアカデミックポジション志向が強い。産業界に進む者は少ない(2016年度で全体の12%)。
- 米国では、数学専攻の博士課程修了者数が日本より一桁多い。
- また、年々、産業界に進む者が増え(2016年で全体の30%)、これが博士課程修了者数を伸ばしている。

日本の現状

2016年度 (計137名)

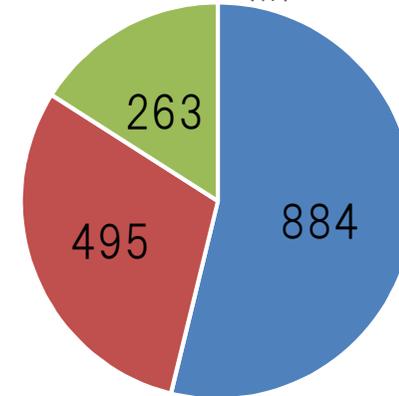


日本の博士課程修了者の進路
(日本数学会調査より)

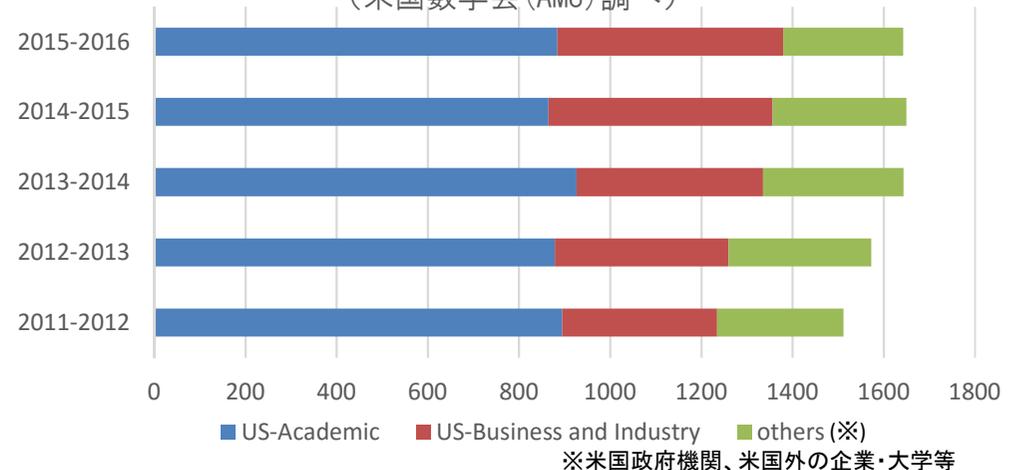


米国の状況

2015-2016 (計1642名)



米国大学PhD(数理科学)修了者の進路動向
(米国数学会(AMS)調べ)



※米国政府機関、米国外の企業・大学等

(参考) 意見交換会における主な意見

<1> 産業界で求められる能力について

- ✓ データの利活用を企業経営に活かしてゆく為に、**データから有益な知見を導き出し**、企業／組織における**課題の解決に役立てることのできる人材**が必要である。
- ✓ 企業側の**問題を抽象化・一般化して解ける人材**が必要である。
- ✓ **企業と大学を結ぶ人材**(問題に対して、どのようなアプローチで解くかを繋げる人材)が重要である。
- ✓ 高度な理数人材だけでなく、理数人材と経営層の間のお話をとりもつ通訳者が必要である。
- ✓ 社会人ドクターを通じて、企業で抱えている問題について研究室で議論することによって、通訳者のような人材を育てることに繋がる。
- ✓ 大学教育において**数学を使って、社会課題を解決するという意識付け**が必要である。
- ✓ 日本の数学の大学院生は、一般向けに分かりやすく説明する訓練が足りていない。スタディグループやGRIPSなどを通じ、他分野の人と話す機会を増やすことで説明できるようになると思われる。

<2> 理数系人材の供給課題について

- ✓ 企業側は、優秀なAI人材を求めているが、学生は**あまり認識していない**。
- ✓ 企業が物理・数学の人材を求めていることを**システム的に周知**していくことが大切である。アメリカでは（Kaggleのような）コンテストを周知の機会として利用している。
- ✓ ある企業では、大学の講演などで数学人材の事例を紹介し、**企業で数学の学生が活躍できることを周知**している。（企業で活躍する数学者の姿を若者に見せることが有効。）
- ✓ 学生時代に**データ分析の訓練を受けた者**が欧米に比べて**少ない**。
- ✓ 日本人が力を発揮できる「見習い」、「独り立ち」、「棟梁」のような**ロールモデルの構造**（身近なところに模範となる人がいる構造）を**生かす**。

<3> 産学連携について

- ✓ 大学側は、**具体的な問題**や**データ**を持っていないので、企業側が将来解かないといけない**具体的な問題を学生に解いてもらう場**（**具体问题と具体データで素養を試せる機会**）を提供することが大切である。→大学（学部、大学院）の教育プログラムの中に導入する方法もある。
- ✓ （特に地方大学において、）**企業とのマッチングの機会が少ない**ので、企業と大学とのマッチング場を提供するシステムづくりを進めてほしい。
- ✓ マッチングの場として、**「研究インターシップ」と「スタディグループ」**が有効である。

数学の社会応用への取り組み事例 ～GRIPS -Sendaiについて～

2019年 1月

筑波大学未来社会工学開発研究センター センター長 特命教授

兼 トヨタ自動車株式会社 S-フロンティア部 主査

高原 勇

R&D Center for Frontiers of MIRAI in Policy and Technology

Director: Isamu Takahara, Ph.D. Specially Appointed Professor, University of Tsukuba,
and General Manager of Toyota Motor Corporation.

(Press Release Apr. 06, 2017)

- 1) Research technology and policy for smart communities to realize **Society 5.0**
- 2) Develop future mobility and MaaS by Automated Driving Universal Systems (Mobility as a Service)
- 3) Develop Social Science System through analysis of the Big Data with demonstration experiment

Related departments in the university are

- Department of Policy and Planning Sciences**
- Center for Artificial Intelligence Research
- Faculty of Health and Sports Sciences
- Center for Cybernics Research**
- International Institute for Integrative Sleep Medicine**
- Faculty of Business Sciences
- Faculty of Pure and Applied Sciences, Dept Mathematics**
- International Industry-University Collaboration



未来社会のモビリティ インフラの先端研究拠点として筑波大学と設立

理数系人材の育成と社会課題への数理応用

GRIPS*-Sendaiへの参画

筑波大学 未来社会工学開発研究センターの共同研究として参画。
e-Palette Concept**による「次世代エネルギーとモビリティプラットフォームのデザイン」を東北大学キャンパスでの実装への課題解決をテーマ設定

TOYOTA PROBLEM STATEMENT



1. How many e-Palettes are needed in Tohoku University?
2. Find an optimal e-Palette operation plan to maximize convenience.
3. Find an optimal campus layout to minimize energy costs.

88

OPTIMAL RE-BALANCING STRATEGY OPTIMIZATION PROBLEM

Minimize total cost of e-Palette relocation

$$\text{minimize}_{X^p, X^s, S} \sum_{i,j,t} c_{ij} x_{ijt}$$


where c_{ij} = cost of traveling from region i to region j

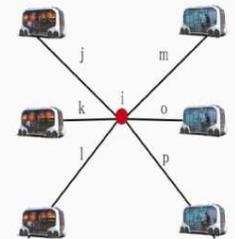
20

OPTIMAL RE-BALANCING STRATEGY OPTIMIZATION PROBLEM

Such that the number of arriving vehicles is the number of departing vehicles

$$\sum_{j \in \mathcal{N}} x_{ijt}^p + x_{ijt}^s - x_{it-\tau_{ij}}^p - x_{it-\tau_{ij}}^s = s_{it}, \forall i \in \mathcal{N}, t \in \mathcal{T}$$

where τ_{ij} is travel time from region i to j .



22

* : **Graduate-level Research in Industrial Project for Students**
カリフォルニア大学 純粋応用数学研究所が創設した国際インターンシッププログラム。
企業から提供された課題に、アメリカ人学生と現地学生がグループとなって集中的に取り組み、解決に至る道筋を学ぶ。
日本は今年、東北大学で初開催。

** : e-Palette Concept は、トヨタが有する電動化、コネクティッド、自動運転技術を活用したMaaS専用次世代EV

社会課題解決と経済成長の両立への数学応用の可能性に期待、参画

■ TOHOKU UNIVERSITY e-Palette Mobility Platform Concept

Tohoku University decides to carry out all traffic between campuses and within a campus by e-Palette.

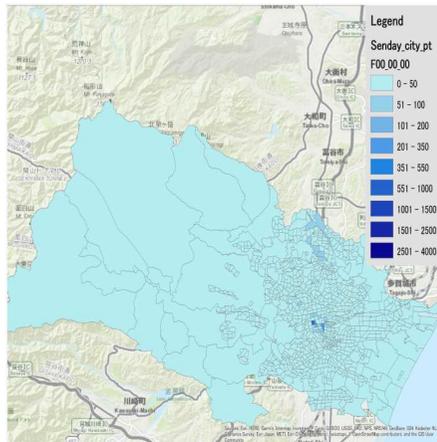
- 1) How many e-Pallettes are needed in Tohoku University ?
- 2) We would like to maximize convenience on campus.
Please find an optimal e-Pallet operation plan.
- 3) We would like to minimize energy costs.
Please find an optimal campus layout.



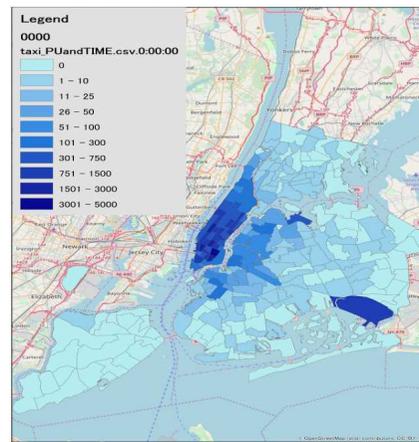
事例 1 : 配車最適化へのアプローチ

公共交通として、都市における需要に対して何台のe-Paletteが必要であるか、顧客満足度（待機時間・遅延時間）をコストとみなした際の総利益最大化問題へと転換

（仙台都市圏パーソントリップ調査とニューヨーク市におけるタクシーの乗降データから条件設定）



仙台市



ニューヨーク市

v はe-Paletteの種類(1人乗りor2人乗り)、 t は時間(タイムステップ)を表す。また、 i および j はそれぞれ出発点と到着点を表す。

- c_{ijv}^p : 運賃
- x_{ijvt}^p : 需要
- c_{ijv}^r : 再配置コスト
- x_{ijvt}^r : 再配置需要
- c_{ijt}^w : 需要の待機コスト
- w_{ijt} : 待機する需要数
- c_{ijt}^d : 到着遅延コスト
- x_{ijt}^d : 到着が遅延した需要数

(午前0時における需要分布)

$$\max_{X^p, X^r, W, D} \sum_{j,i,v,t} c_{ijv}^p x_{ijvt}^p - \sum_{i,j,v,t} c_{ijv}^r x_{ijvt}^r - \sum_{i,j,t} c_{ijt}^w w_{ijt} - \sum_{i,j,t} c_{ijt}^d d_{ijt}$$

運賃収入
再配置コスト
待機コスト
遅延コスト

自動運転によるモビリティサービスでのインセンティブ設計に示唆

事例2：充電設備最適配置へのアプローチ

運行コストの最小化の観点から、充電デポットを最適配置を検討。都心部に設置すれば需要点に近いが土地代が高いことを考慮した配置を検討。
また、建築デザインを学ぶ学生が主体となり大規模集約型ステーション構想を提案。

$$\begin{aligned} \min_{z,y} & \sum_{i,j} s_{i1} c_{ij}^r y_{ij} + \sum_j l_j z_j \\ & \text{配置コスト} \quad \text{設置コスト} \\ \text{s. t.} & \sum_j z_j = P \quad \sum_j y_{ij} = 1 \quad y_{ij} \leq z_j \end{aligned}$$

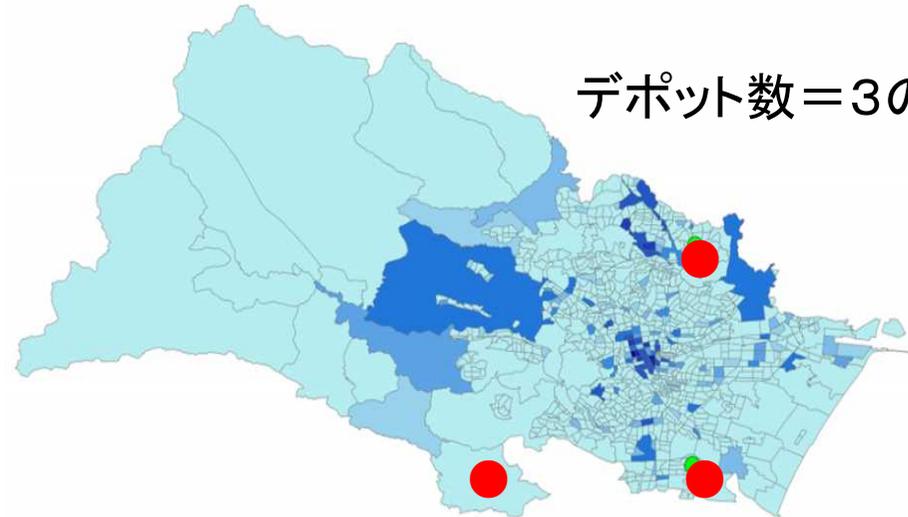
s_{i1} : 初期配車数

c_{ij}^r : 配車コスト

l_j : 候補点の地価

y_{ij}, z_j : ダミー変数

デポット数=3の場合



集約型デポット構想

都市近郊での集約型急速充電ステーション配置の可能性を導出

- **Mission** 未来社会のモビリティイノベーション*の社会実装に数学応用
 - **Vision** 移動の自由 と地域社会への貢献
- } 共有



モビリティイノベーション*

つながる
自動運転
シェアリング
電動化
水素社会

社会課題解決と経済成長の同時解決モデルを数学応用での導出に手応え
グローバルイノベーション創出の共通言語となる数学応用、理数系人材育成と活躍が必須

<参考：参加学生の感想 抜粋>

専門分野の異なる日本人と外国人合わせて5人が1チームとなってプロジェクトに取り組んだ。留学経験がなく、さらに都市計画が主専攻であったため、英語や数学を使いこなせるかと不安だったが、実際に具体的な社会実装をテーマとして与えられてアプローチを全体で考えていくうちに、理解度を深め、最終レポートを提出できた。日常生活もともにすることで、より親密になるプログラムになったと感じる。数学がおもしろいと思った。(筑波大学院生)

数学応用の手応え実感、持続的な取り組みを期待