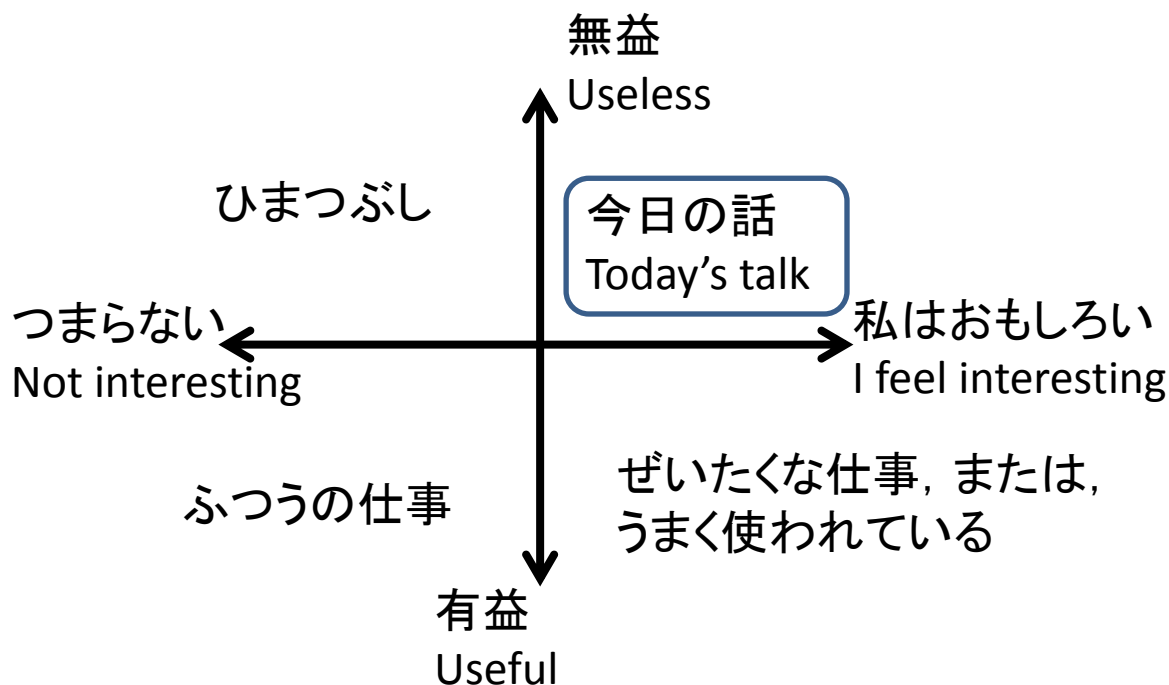


共有する交通



東京工業大学
朝倉康夫

asakura@plan.cv.titech.ac.jp

次世代交通システム

情報通信技術の発展と、社会構造や利用者の価値観の変化を背景としたふたつの動き

◆自動走行システム

一→ 官民の動向

内閣官房・IT総合戦略本部「官民ITS構想・ロードマップ2016」, 2016 May

http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20160520/2016_roadmap.pdf

◆共有する社会・経済システム(シェアリングエコノミー)

一→ 本日報告.

シェア型交通サービスの現状と可能性を考える

内閣官房・IT総合戦略本部「シェアリングエコノミー検討会議・中間報告」, 2016 Nov.

http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon_bunka/shiearingu/chuukanhoukokusho.pdf

平成28年版 情報通信白書

Contents

1. Introduction

2. Sharing Economy

3. Sharing in Transport

3.1 Car Sharing

3.2 Shared Taxi

3.3 Smart Ride Sharing

4. Optimum Routing of Ride Sharing Vehicles

1. はじめに(私有と共有)

共有から私有への前世期 ～農器具の例～

共有の時代

- 個々の農家では収穫のためだけの専用農機具を持ってない。
- 複数の農家で農機具を共有し、順に使う。
- 収穫期が集中した場合の使用の優先順位、費用負担をどうするか、

20世紀、私有(個人または世帯単位の保有)の時代へ

- 農機具の大量生産・低コスト化を背景として、農家単位での農機具の私有へ
- 隣が買うから自分も買うというメンタリティ
- 個々の農家単位で見て、作業は軽減されたが、農機具の導入コストに見合う利益が挙がっているかは疑問。

私有の時代の問題点

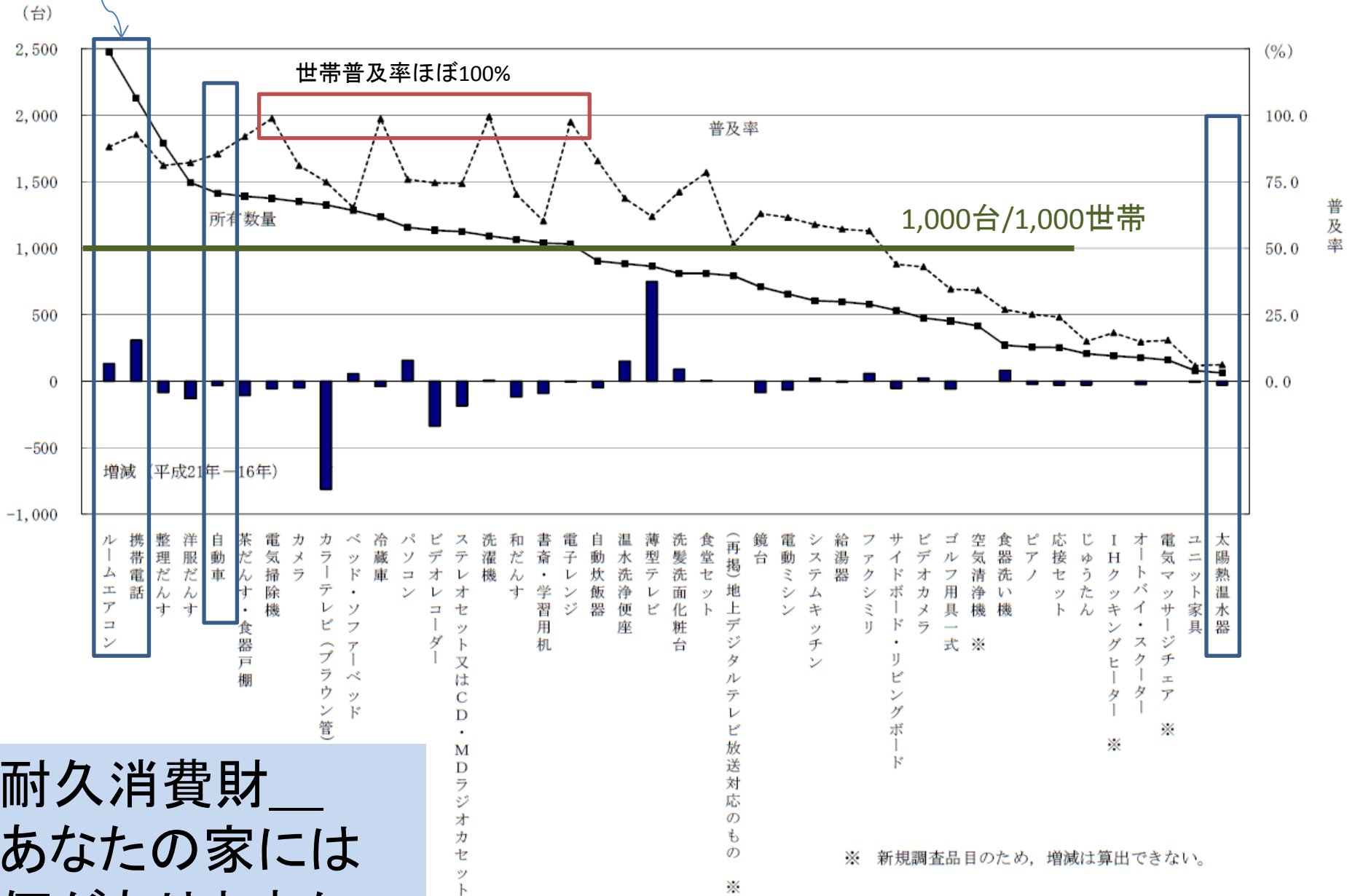
- 使用頻度の低い耐久消費財が無駄に生産・保有されていないか？
- 結果的に資源の無駄遣いになっていないか？
- 協働の機会、コミュニケーションの機会の喪失につながっていないか？



再び、(新しい)共有の時代へ向かう社会的動機がある？

2人に2台以上

図 I - 1 1000世帯当たり主要耐久消費財の所有数量、普及率及び所有数量の増減（二人以上の世帯）



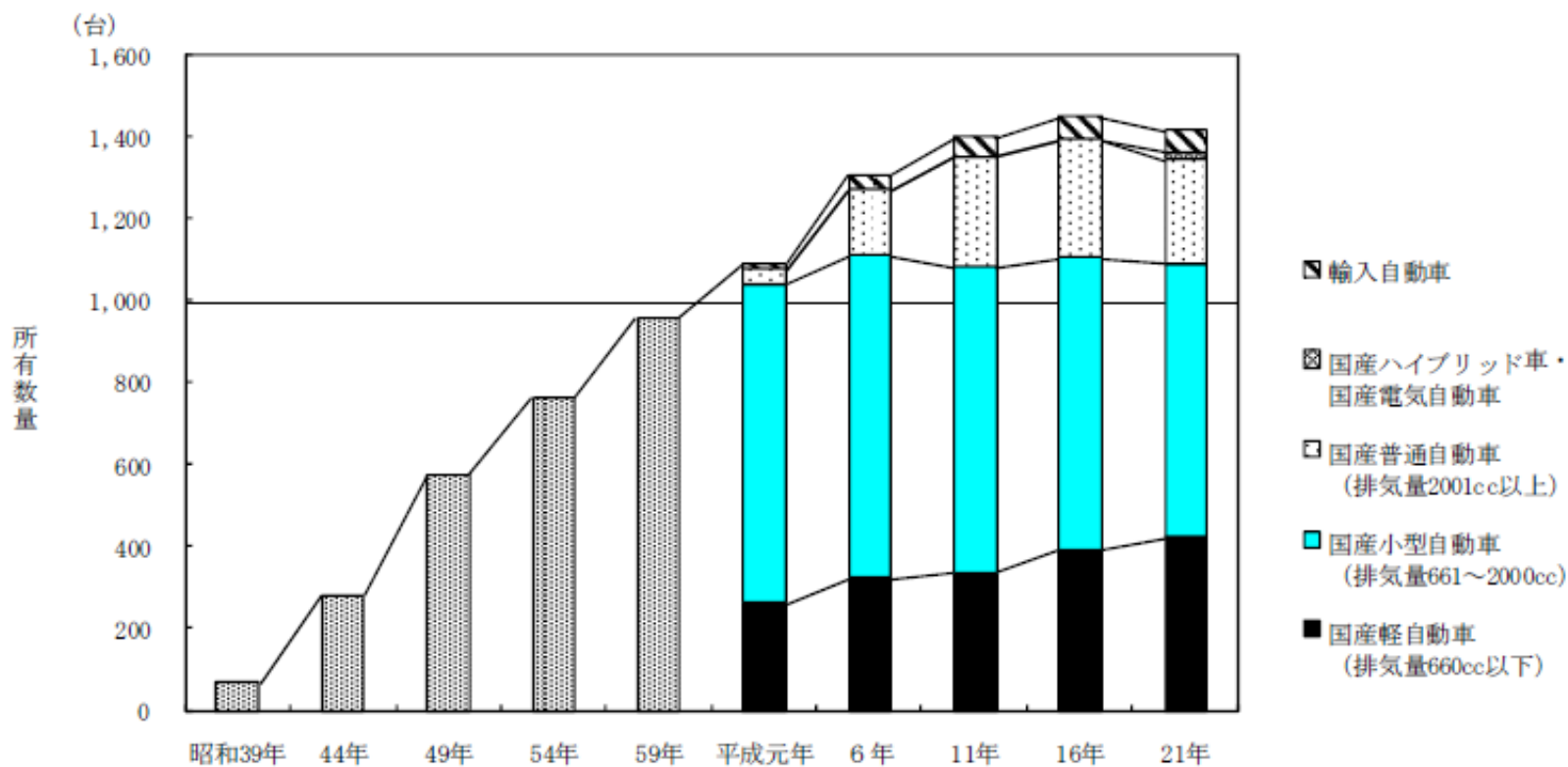
※ 新規調査品目のため、増減は算出できない。

耐久消費財__
あなたの家には
何がありますか？

クルマの大量生産と個人保有の時代は終わった？

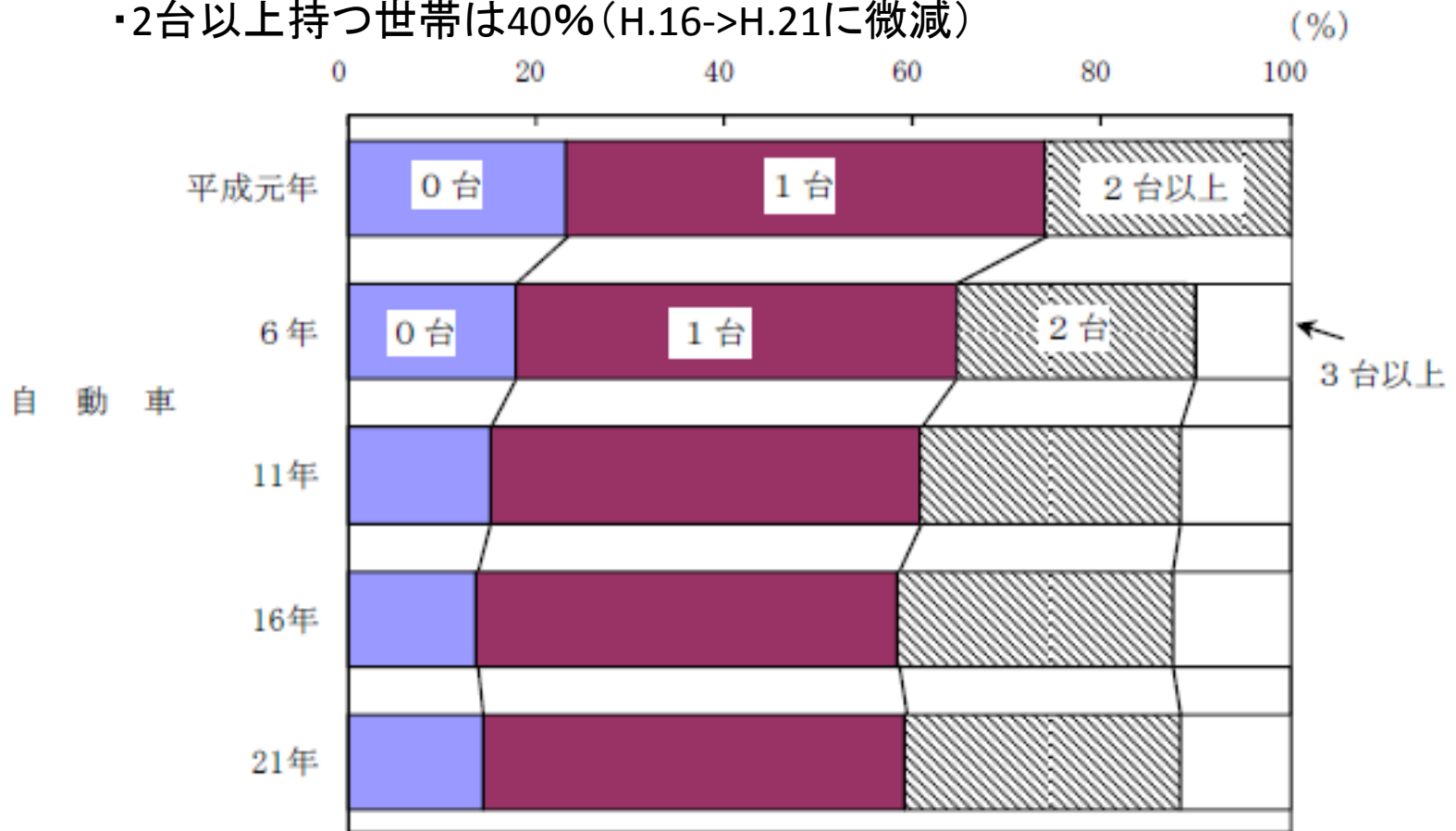
- 大量生産による低コスト化に伴う、クルマの大衆化
- 所得水準の向上に伴う、クルマの個人(世帯)保有率の向上
- 1,000世帯あたり、平成16年は1,446台(普及率86.2%)、平成21年は1,414台(同85.5%)と減少

図 I - 3 1000世帯当たり自動車の所有数量の推移 (二人以上の世帯)



自動車の所有台数別世帯数の割合の推移 (二人以上世帯)

- ・車を持たない世帯は15%程度(H.16->H.21に微増)
- ・2台以上持つ世帯は40%(H.16->H.21に微減)



敢えてクルマを持たない世帯が増える？

総務省 消費実態調査

2. Sharing Economy

- 異なるヒトや組織の間での製品やサービスの共有を前提とする社会・経済システムの総称
- ルレ美華子(2014)「シェアリングエコノミー:サステナブル社会に向けた新たな価値創造」. 情報センサー2014年8月・9月合併号 EY Institute
<http://eyi.eyjapan.jp/knowledge/future-society-and-industry/2014-07-31.html>
- NHKクローズアップ現代_2011/06/28放送
「“シェア” ～誰かと何かを共有したい～」
http://www.nhk.or.jp/gendai/kiroku/detail_3064.html
- 日経BP社(2014)「若手ビジネスパーソンのためのMBA講座シェアリングエコノミー徹底研究」, 前編, 後編
<http://www.nikkeibp.co.jp/article/column/20140616/402920/>
<http://www.nikkeibp.co.jp/article/column/20140616/402921/>
- 内閣官房・IT総合戦略本部「シェアリングエコノミー検討会議・中間報告」, 2016 Nov.
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon_bunka/shiearingu/chuukanhoukokusho.pdf

ルレ美華子(2014)「シェアリングエコノミー:サステナブル社会に向けた新たな価値創造」.

情報センサー2014年8月・9月合併号 EY Institute

<http://eyi.eyjapan.jp/knowledge/future-society-and-industry/2014-07-31.html>

- 人々の消費スタイルが徐々に単独所有から共同利用へと変化
- インターネットやソーシャルメディアを活用した「シェアリングエコノミー」と呼ばれる非所有型の経済活動が急速に拡大. 今後約11兆円規模(MIT Sloan Experts 2011年12月)の巨大市場になると予想.
- シェアリングエコノミーが日常化し, シェア文化が市民社会に定着し始めると, 人々の価値観やライフスタイル、そしてビジネス形態は大きく変化していく

P2P: Peer to peer
C to C (consumer to consumer) と同義

▶表1 P2Pシェアリングエコノミーのサービス事例

サービス事業	開始時期 (年)	サービス内容	収益モデル (サービス・手数料)	サービス 提供地域	会員数・利用者数など
Airbnb(米)	2008	宿泊シェアリング	ホストから3%、ゲストから金額 に応じ6~12% (保険込み)	192カ国 (日本含む)	通算ゲスト数：1,500万人以上 ホスト：35万人
TaskRabbit(米)	2008	家の掃除など雑事代行 サービス	各作業依頼費の20%	米国	登録者数：2万人以上
Getaround(米)	2009	P2Pカーシェアリング	レンタル料の40% (保険込み)	米国	会員数：20万人以上
Feastly(米)	2011	食事シェアリング	1食分の代金にサーチャージ10% を加算した金額の20%	米国	—
Lyft(米)	2012	ライドシェアリング	乗客がドライバーに支払う代金の 20% (保険込み)	米国	—
Dogvacay(米)	2012	ドッグシッター	ホストから、予約1件につき15% (保険込み)	米国	犬シッター：1万人以上
Boatbound(米)	2012	ボートシェアリング	ボートの借り手からレンタル料の 5%、ボート所有者から35% (保 険込み)	米国	ボート所有者登録数：1,300万 人以上

出典：各社ウェブサイトなど

Airbnb(air bed and breakfast): 自分の家の空いている部屋に、誰かを泊めたい人と、泊まりたい人を結びつける
Feastly: 料理を提供したい人の自宅に招かれ、知らない人同士で食事する。料金は無料のものから200ドルまで

主なシェアリングエコノミーの分類と事業者



シェアリングエコノミーは
おもに5つに分類されます。

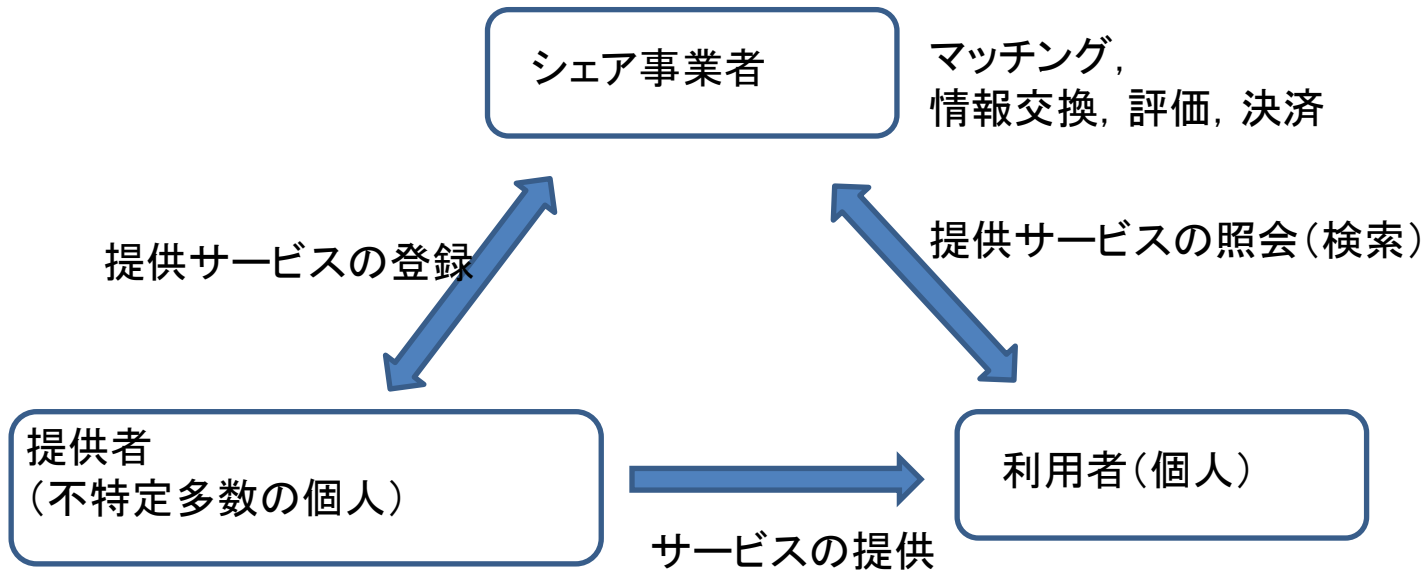
※協会会員以外のサービスも
含まれます。

一般社団法人シェアリングエコノミー協会による資料提供 in

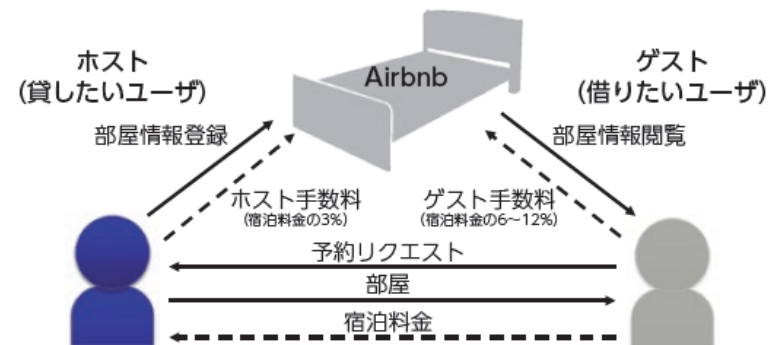
内閣官房・IT総合戦略本部「シェアリングエコノミー検討会議・中間報告」, 2016 Nov.

http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon_bunka/shiearingu/chuukanhoukokusho.pdf

P2Pシェアリングのビジネスモデル



図表3-1-2-4 Airbnbのサービスイメージ



P2Pシェアリングの特徴と価値

参加者で形成される信頼の上に成り立つP2Pコミュニティ

- 強い信頼関係
- 相互利益 (Give and Take)
- コミュニティーへの帰属意識と仲間への貢献

シェアリングエコノミーが提供する価値

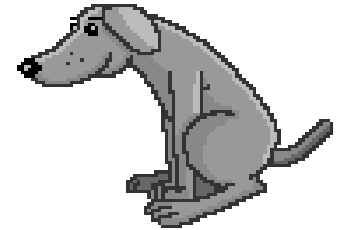
- 経済的メリット
- 環境負荷軽減
- 新しいヒトや文化との出会い

'CASSINU'



犬を散歩させないといけなけれど、散歩させられない飼い主

マッチングサービス

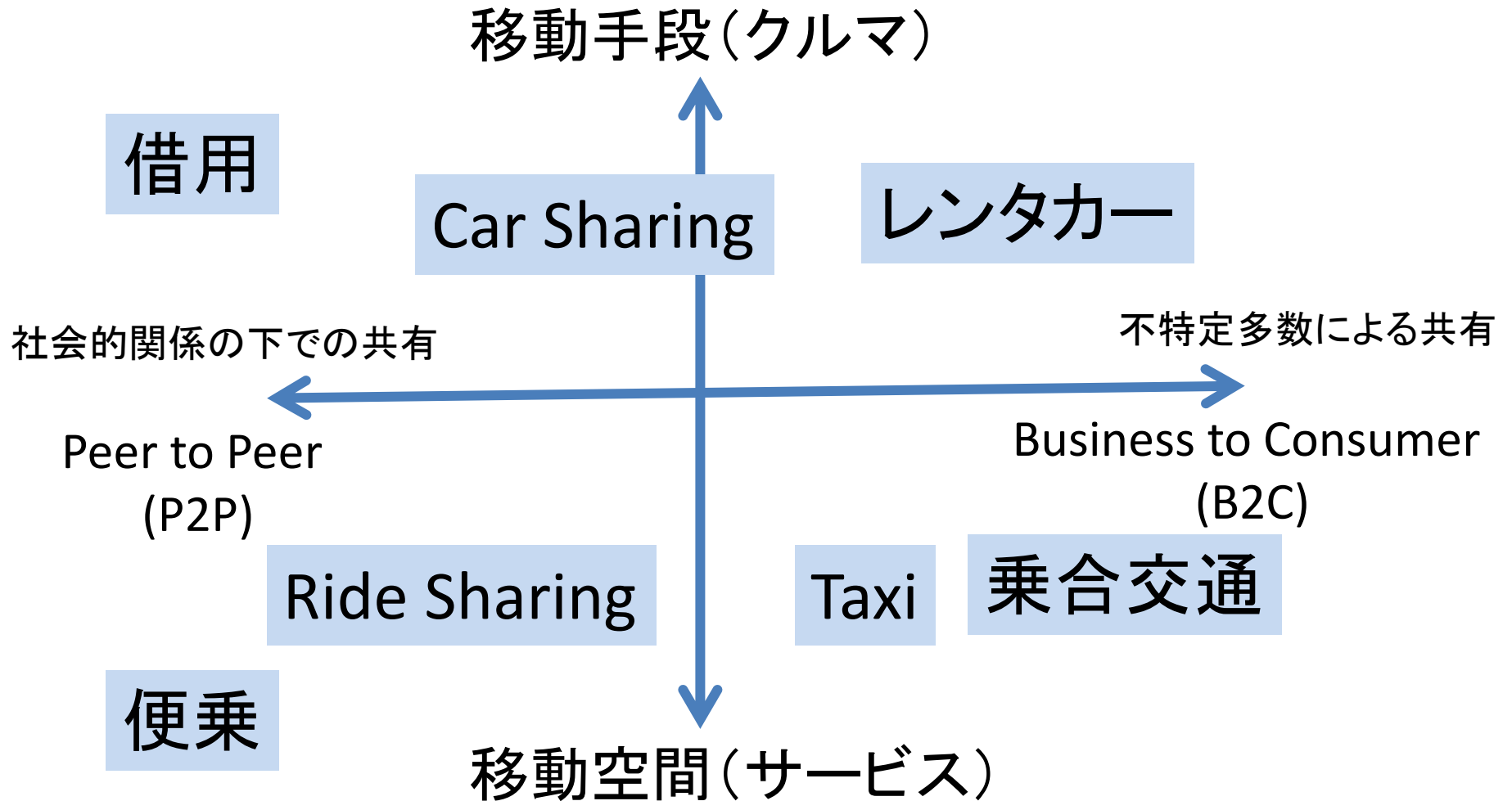


犬を連れて散歩したいけれど、自分で犬を飼えないヒト

しつめの悪い犬は借りたくない。

評判の悪いヒトには貸したくない。

3. 交通分野のSharing



これまでの交通事業は典型的なB2Cサービス (Business to Consumers)

Business



バス事業者

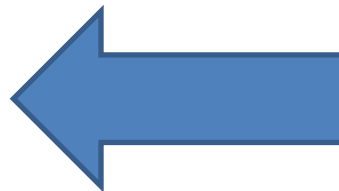
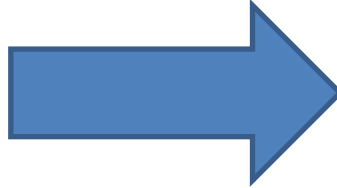


タクシー事業者

レンタカー会社



交通サービス,
交通手段の提供



対価の支払い

Consumers



不特定多数がサービスを楽しむ

事業者が移動手段を保有

B2Cのシェア型交通サービスが機能するには・・・

- サービス提供者が時間・空間的に変化する個々の利用者の移動ニーズを的確に把握できること
- 利用者の密度が高いエリアと時間帯に輸送手段を投入し、複数の利用者との交渉によって速やかに契約を結んで輸送サービスを実行すること
- 利用者もどのような交通サービスが提供されているかを理解していることが必要



オンデマンドのシェアサービスへの展開

- ✓ On-demand Car Sharing
- ✓ On-demand Shared Taxi

3.1 Car Sharing: 起源と問題点

クルマの共有の起源

- クルマの購入費用または管理費用(とくに駐車料金)が高価で, 世帯または個人では専有できない場合,
- 複数の個人または複数の世帯で1台のクルマを保有し, 共同利用する.
- 米国の学生による共有, スイスの郊外での共有が起源?

問題点

- 利用したいとき(ex. 週末)に利用できない.
- 費用負担ルール(ex. 使用頻度に比例)の難しさ.

On Demand Car Sharing Example

- Car2Go by Daimler since 2008
- Smart for two(2人乗り(EV))
- 近くのクルマをスマホで検索
- 課金は1分単位
- Oneway (特定エリア内ならどこでも乗り捨て自由)
- 自治体の駐車政策との連携 (Austin, USA)

- As of March 2015, Car2Go operates over 13,000 vehicles, which serve eight countries and 29 cities worldwide with over 1,000,000 customers.



<http://www.smart-j.com/>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Car2Go>

3.2 On-demand Shared Taxi

◆ 空港送迎「乗合」タクシー

MKスカイゲイトシャトル: 京都, 神戸・芦屋
自宅から空港, または, 空港から自宅.
2日前までにWeb予約.

◆ 都市の深夜乗合タクシー, 過疎地の路線バス代行

不特定多数の顧客に対するB2Cサービスであることに変わりはない

「デマンド型交通の手引き」国交省・中部運輸局, 2013.
<http://www.tb.mlit.go.jp/chubu/tsukuro/joho/demand/>

「乗り合い型交通システム, コンビニクル」東大オンデマンド交通プロジェクト.
<http://www.nakl.t.u-tokyo.ac.jp/odt/index.html>

The concept and impact analysis of a flexible mobility on demand system

Bilge Atasoy a, Takuro Ikeda, Xiang Song, Moshe E. Ben-Akiva
Transportation Research Part C 56 (2015) 373-392

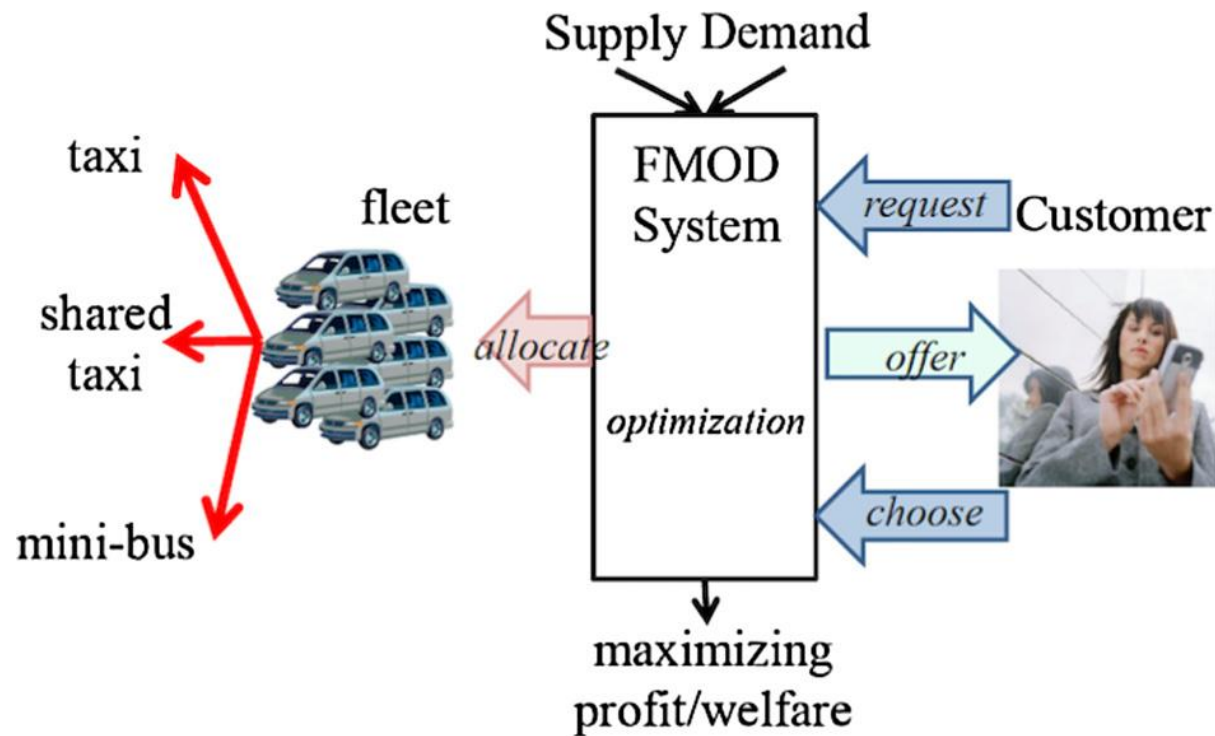


Fig. 1. Flexible vehicle allocation based on passenger request.

1台の車両(席数8席)が, shared taxi -> 空車 -> taxi -> 空車 -> mini bus として運用される。
 利用者の選択はロジットモデル(shared, taxi, bus)で記述。
 運営者の利潤を最大にする配車割当(assortment)を求める最適化問題に帰着させる。

[Schedule Block]	SB_1				SB_2		SB_3		SB_4		SB_5			
Service type	Shared				empty		taxi		empty		Mini-bus			
[Stops]	s_1^1	s_2^1	s_3^1	s_4^1	s_1^2	s_2^2	s_1^3	s_2^3	s_1^4	s_2^4	s_1^5	s_2^5	s_3^5	s_4^5
Location	a	b	c	d	d	e	e	f	f	g	g	h	i	j
Arrival Time	-	9:15	9:30	9:50	-	13:00	-	13:30	-	14:40	-	15:00	15:10	15:20
Departure time	9:00	9:16	9:31	-	12:30	-	13:05	-	14:30	-	14:50	15:01	15:11	-
Boarding passengers	1	2	-	-	-	-	3	-	-	-	4,5	6,7	-	-
Alighting passengers	-	-	1	2	-	-	-	3	-	-	-	4	6	5,7

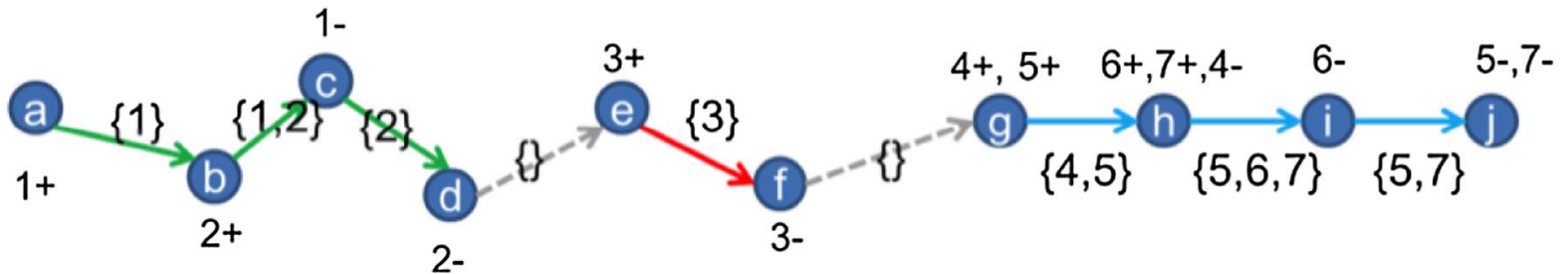


Fig. 5. Demonstration of the schedule.

参考までに「乗合いタクシー」とは

- 10人以下の人数を運ぶ営業用自動車を利用した乗合自動車
 - 深夜の交通機関がない地域や、過疎地など路線バスの機能が十分に発揮できない場所などでタクシー事業者が運行
 - 空港型，都市型（深夜型），過疎地型
 - 過疎地型は，交通空白地帯の解消及び高齢者等交通弱者の公共施設等への移送手段の確保が目的。
 - バス路線を廃止、または減便した代替として地方自治体がタクシー（ハイヤー）事業者に委託するケースが多い。
- 通常のタクシーが運転手の主導により不特定多数の乗客を一度に乗せること（乗合行為）は、道路運送法により禁止。
 - 見ず知らずの乗客でも客が申し合わせて「相乗り」した場合は合法。



旅客輸送事業者によらないマッチングビジネスへと進化

3.3 次世代相乗り

Smart Ride Sharing (SRS)

システムが備えているべき3条件

(1) ドライバー(車両)と相乗りする乗客の位置を特定するための機器・システム(ex. GPS),

(2) 乗客から乗車の要請を出せる携帯通信システム(ex. スマートフォン),

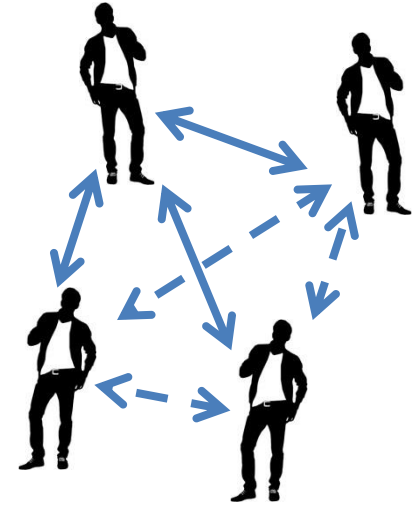
(3) ドライバーと乗客, または, 相乗りする乗客同士の素性を相互に確認できる社会的ネットワーク(ex. Facebook)

(1)+(2)だけなら, ふつうのon-demand sharing

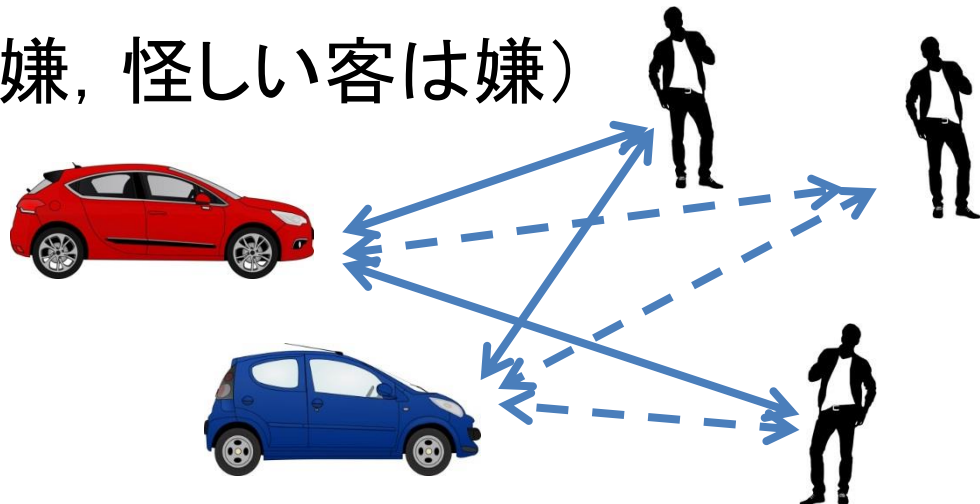
(3)の条件が特徴的であるが, 制度的に許容されない国もある.

マッチング対象によるSmart Ride Sharing のタイプ分け

- 乗客同士のマッチング
(嫌なヒトとは同乗したくない)



- 乗客とドライバーのマッチング
(危ないドライバーは嫌, 怪しい客は嫌)



乗客同士のマッチング

相乗り屋 <http://www.ainoriya.net/>

タクシー乗り場で並んでいる間に、相乗り相手を見つけるためのライドシェア・アプリ

- ①相乗り登録: 地図から行き先を設定して、相乗り登録。
- ②相乗り相手を探す: 付近で相乗り待ちしているユーザーの一覧の中から、相乗り出来そうな相手を探す。相乗り詳細のページにあるユーザー画像をタップすると、そのユーザーのFacebookプロフィールを閲覧可能。
- ③相乗り申請: 相乗りしたい相手が決まったら、相乗り申請。一緒に相乗りしても良さそうな相手だったら、承認。
- ④相乗り成立: 申請が承認されたら、相乗り成立。チャットでメッセージ交換して、場所や目印の服装などでお互いを見つけて相乗り。

ドライバーはマッチメイクに関与しない(できない, しなくてよい)

乗客とドライバーのマッチング

Matching service using
Smart phone application

Transporter
(driver)



Passenger
(user)

評判の悪いクルマには乗りたくない。

評判の悪いヒトは乗せたくない。

- ✓ 事前に, 双方がFacebookなどでプロフィール・素性を確認
- ✓ 事後に, 相手を評価. ⇒ 点数がプロフィールに反映される.

(1) Uber 原則, 職業ドライバー. <https://www.uber.com/>

(2) Lyft 友達が友達を送迎. 謝礼は寄付行為. <https://www.lyft.com/>

UBER

怪しいタクシーには乗りたくない乗客と、変な客を乗せたくないドライバーのマッチングビジネス

- スマホアプリによるタクシー配車サービス (2009～)
- 世界54カ国, 250都市以上でサービス展開
- 日本では, 東京(2013.11～)と福岡
- 事前にクレジットカード情報を登録
- 乗客(位置が特定されている)はスマートフォンの地図からリクエスト。
- 近くの空車が検索される。
- 乗客はドライバーの属性(評価, 顔写真)を確認して予約。
- 乗車後, クレジットカードによる引き落としと清算。
- 乗客による事後のドライバー評価(review)。



ドライバーと便乗者のマッチング

(1) Hitch <http://www.takehitch.com/>

ユーザー: 現在地と目的地を入力.

システム: 乗車地点と目的地点が似ているユーザーや, 運行ルートの途中で乗車を希望するユーザーを探し, 配車・配送する.

乗車前に, ドライバーと利用者の双方がプロフィールを閲覧可能.
乗車後に, 双方のレビュー.

(2) Ride Share 4 Less (RS4L) <http://varaah.com/index.html>

NOTTECO (株式会社 Costyle)

<https://notteco.jp/>

- 長距離の相乗りマッチングサービス
- 高速代, ガソリン代を割り勘にするドライバー・同乗者のマッチング
- 2008年サービス開始, 会員30,000人以上

同乗者

1. 相乗りできる車を検索
2. ドライバーへ連絡
3. 相乗りの開始
4. 支払い
5. レビュー

ドライバー

1. ドライブ登録
2. 同乗者から連絡
3. 相乗りの開始
4. 割勘代の受取り
5. レビュー

NOTTECOは、白タク行為なのではないか？

HPのQ&Aによれば・・・

<https://notteco.jp/help/faq>

- サービスの提供を受ける者が、ガソリン代、道路通行料及び駐車場という、客観的、一義的に金銭的な水準を特定できる費用の一部を支払う場合、社会通念上、登録等は要しないものとされ、自家用自動車による有償輸送が原則禁止されているそもそもの趣旨にも反しないと考えられます。
- 本プラットフォームを用いて行われる自動車の相乗りについて、有償輸送行為（白タク行為）に該当する可能性が低い旨の法律メモランダムを大手法律事務所より受領しています。また、国土交通省の地方支部分局である関東運輸局からも同様の回答を得ています。

京丹後市の白ナンバー乗合タクシー「ささえ合い交通」

- 運行主体：NPO法人「気張る！ ふるさと丹後町」
- ドライバー：登録された一般住民
- 法律：道路運送法78条第2号「ICT(情報通信技術)を活用した公共交通空白地有償運送」
- バス、タクシー等が運行されていない過疎地域等について、住民の日常生活における移動手段を確保するため、国土交通大臣の登録を受けた市町村、NPO等が自家用車を用いて有償で運送する輸送サービスの提供

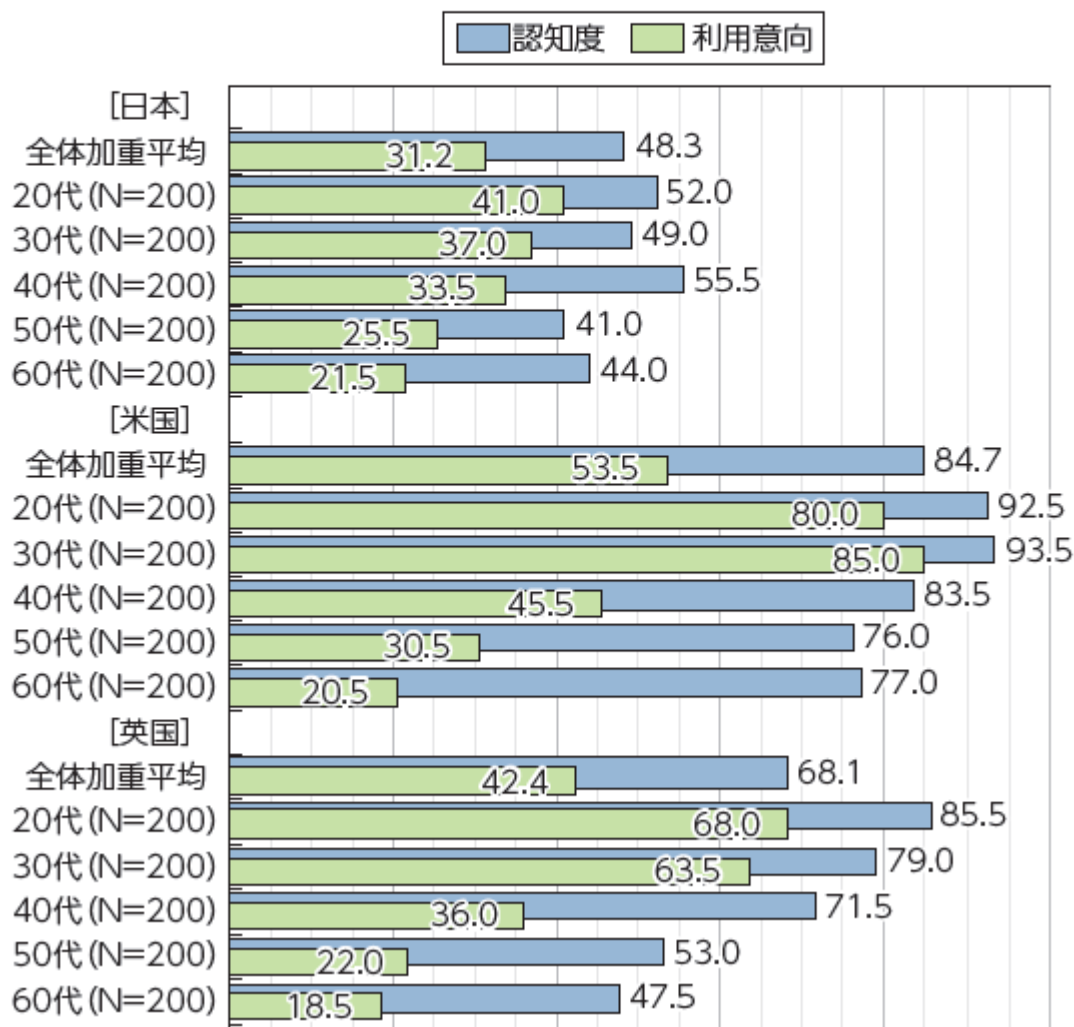
- 運行日： 2016年5月26日～，運行は年中無休(毎日)
- 運行時間： 8:00 – 20:00
- 運賃*： 最初の1.5kmまで480円，以遠は120円 / km加算
- 対象者： 地域住民、観光客など
- 乗車できる地域： 京丹後市丹後町
- 降車できる地域： 京丹後市全域

- 利用方法： App StoreまたはGoogle Playストアにて，Uberのアプリをダウンロードし登録

Ride Sharing の 認知度, 利用意 向の国際比較

図表 3-1-2-8

一般のドライバーの自家用車に乗って目的地まで移動できるサービスの認知度・利用意向 (2016年各国)

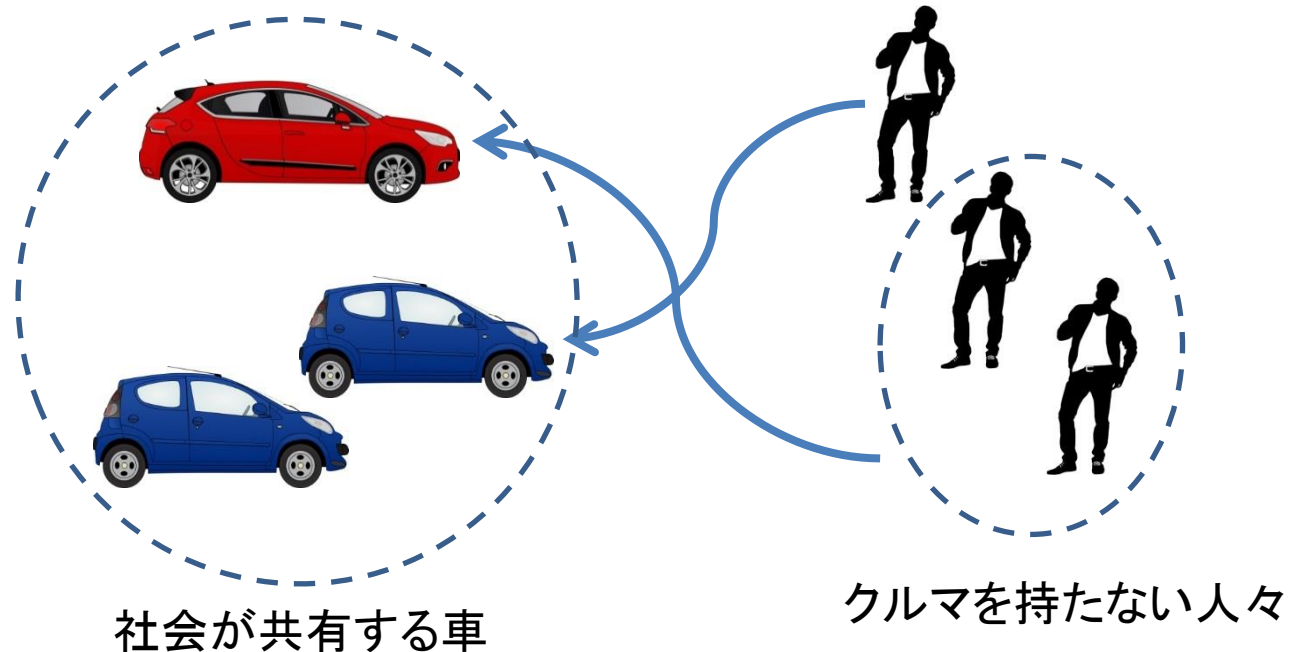


持続可能な交通のためのSmart Ride Sharing

- 高度情報通信技術を使ったSmart Ride Sharing は、新しい公共交通システムと考えるべき。
- 世界的に拡大を見せているが、既存の旅客輸送事業者との間でコンフリクトも発生。
- モノ(クルマ)を持たないマッチングビジネスへの不信感(やっかみ)も存在。
- 次世代 Ride Sharing は、少ない数のクルマ(ドライバー)で、より良いサービスを提供できる可能性がある。
- 次世代Ride Sharingが利用者のモビリティを向上させ、エネルギー消費を抑制する条件を明らかにすべき。

Smart Ride Sharing + Car Sharing

- 都市や地域の個別輸送型の公共交通システムの中に, sharingが組み込まれる可能性が高いのではないか.
- 都市や地域(または事業者)が自動走行するクルマを一定台数共同で保有し, 利用者はそのクルマに対して必要に応じて乗車の要請を出す.
- エネルギー消費を抑制するために, 限られた台数のクルマを有効に使うことができるよう, 適宜, 利用者をマッチングして相乗りしてもらう地域共同輸送サービス.



For those who would like to challenge new/risky research topic.

How many vehicles do we need?

- sharing based transport systems with smaller number of vehicles -

Yasuo Asakura

Transport Studies Unit

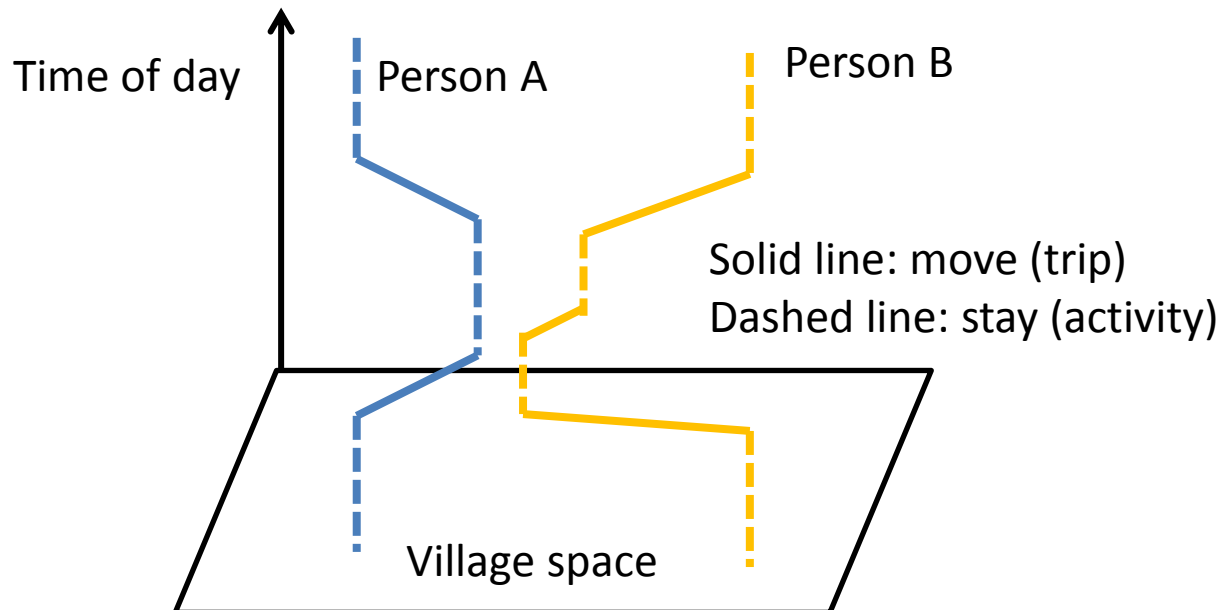
Tokyo Institute of Technology

How many vehicles do we need?

- sharing based transport systems with smaller number of vehicles -

Problem Settings;

- A village exists with closed economy.
- A daily activity pattern (time-space path diagram) is given and fixed for a resident in the village. Origin/destination are given, and route can be changed. Departure/arrival times can be slightly shifted in some cases.
- Only car transport is used for a trip. Walk + drive is allowed in some cases.
- The problem is to find the minimum number of cars and their efficient operations (vehicle routings) which satisfy all travel demand in the village.

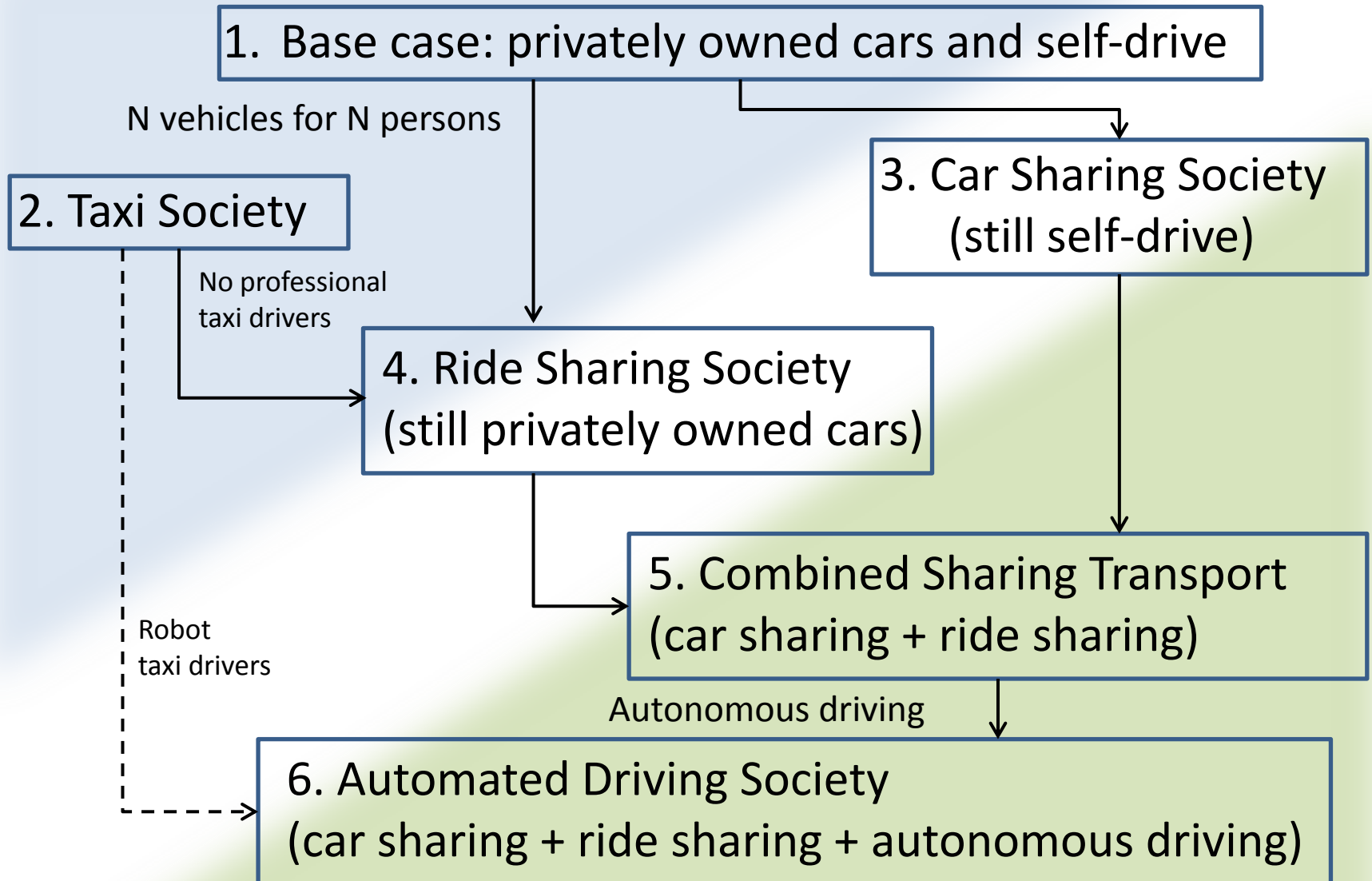


Extreme Case Settings

1. Self driving society (base case) : everybody owns his/her car, and has to drive. Nobody can share a ride.
2. Taxi society: all vehicles are taxis. Nobody (except taxi driver) does not drive. A taxi will not be shared by multiple passengers.
3. Car sharing society: all vehicles are owned by one organization (including village community). Residents share the vehicles, and have to drive. Nobody can share a ride.
4. Ride sharing society: vehicles are owned by residents. They can drive or provide ride-sharing with others.
5. Combined sharing society: all vehicles are owned by one organization and residents can drive or ride share.
6. Automated driving society: autonomous driving system is introduced to case 5.

For each case, we would like to find the minimum number vehicles and their optimum operation.

Development Process of the Society



アクティビティを与件とした ライドシェア車両の最適割り当て問題

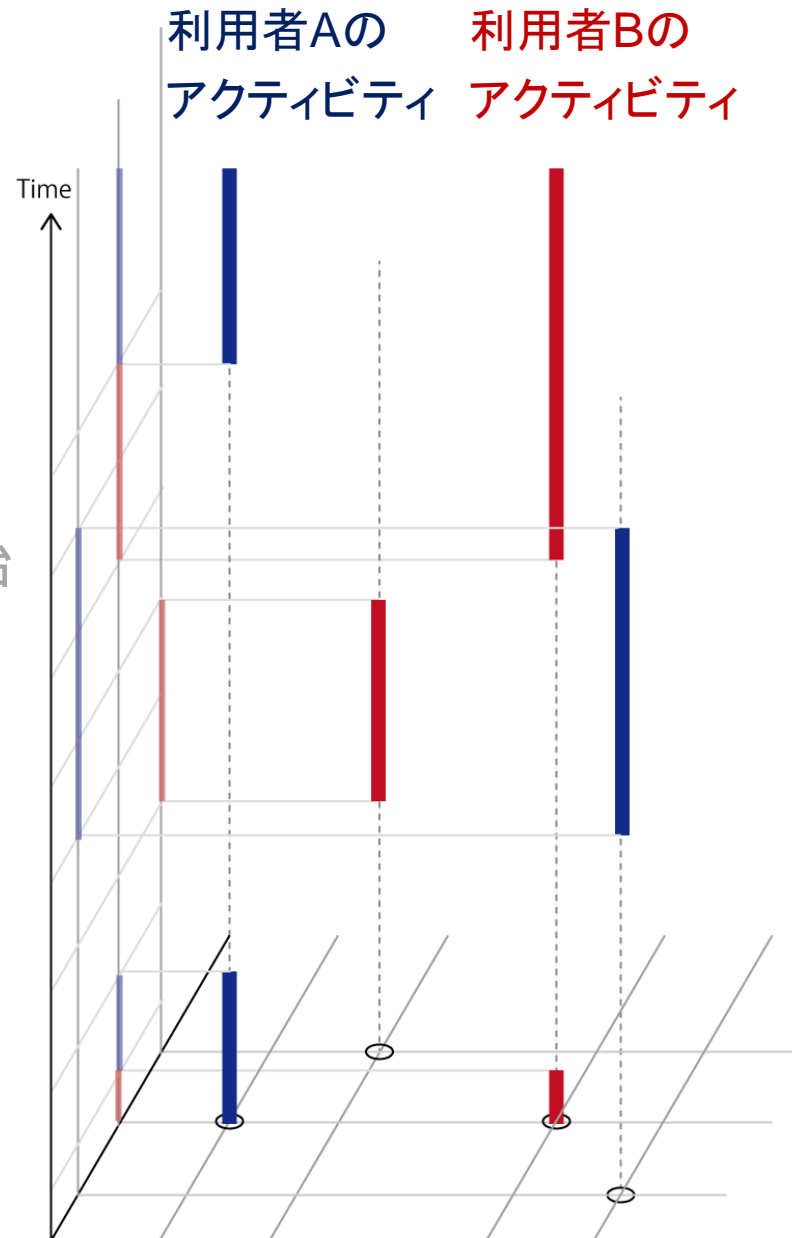
東京工業大学	環境・社会理工学院	愛甲 聡美
東京工業大学	大学院理工学研究科	板橋 遼
東京工業大学	環境・社会理工学院	瀬尾 亨
東京大学	空間情報科学研究センター	日下部 貴彦
東京工業大学	環境・社会理工学院	朝倉 康夫

目的

- シェアリングエコノミーと自動運転がともに実現し、浸透した社会を想定
 - 自動車を地域が所有
 - 人々は車両を共有し乗合をしながら利用
- 交通サービスとして導入のために必要な要素:
 - 乗降希望の集計
 - 必要な車両台数の見積もり
 - 経路、ダイヤの決定
- 利用者のアクティビティが与えられたとき、地域の保有するライドシェア車両によって利用者を運ぶための経路を決定する最適化モデル (Vehicle Routing Problem with Time Window) の定式化と分析

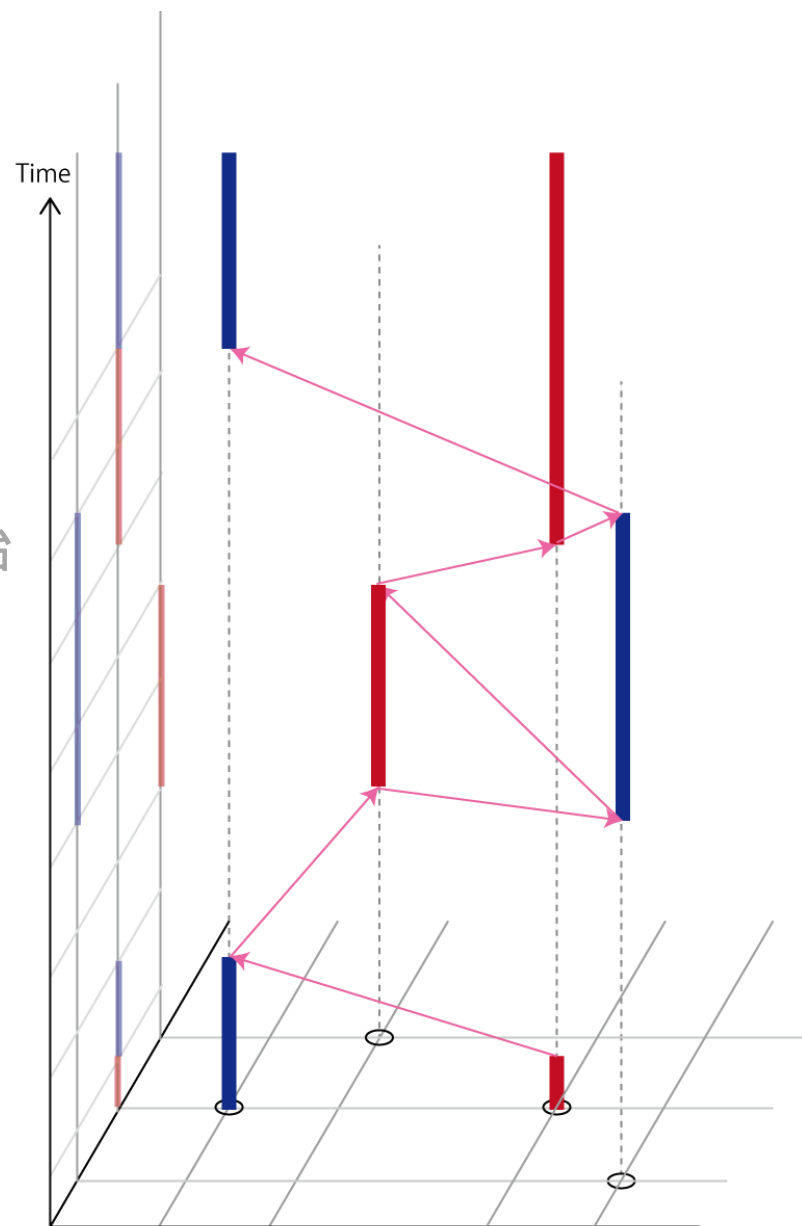
問題設定

- 利用者のアクティビティは所与
- 全アクティビティを満たすように車両で移動
- ひとつの車両に複数人同乗してもよいが、各車両の容量以下となる
- 移動はアクティビティの終了後から開始し、次のアクティビティの開始前までに完了する
- 時間を離散化し、1タイムステップを最小単位として時刻を定める
- 隣接ノードの移動に要する時間はあらかじめ与える
- 車両はすべて車庫から出発し、一度業務を開始したら終了まで車庫に戻らない



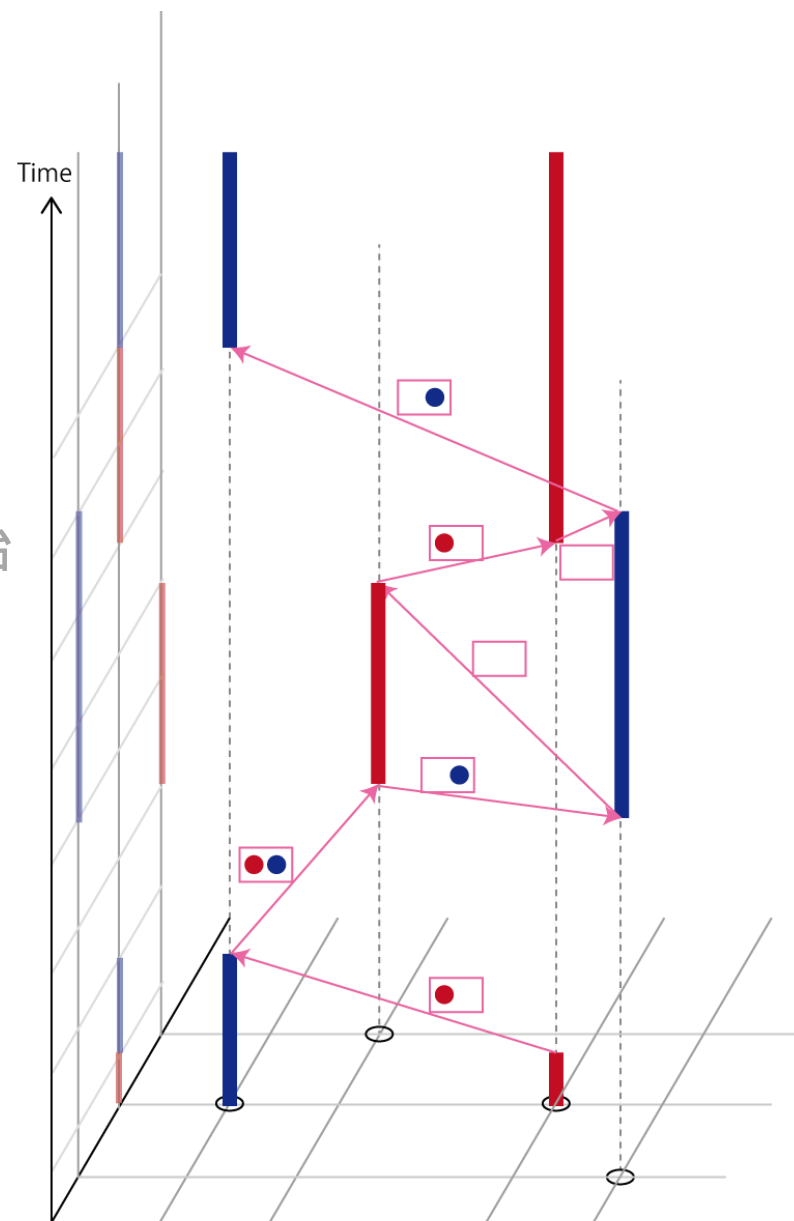
問題設定

- ✓ 利用者のアクティビティは所与
- 全アクティビティを満たすように車両で移動
- ひとつの車両に複数人同乗してもよいが、各車両の容量以下となる
- 移動はアクティビティの終了後から開始し、次のアクティビティの開始前までに完了する
- 時間を離散化し、1タイムステップを最小単位として時刻を定める
- 隣接ノードの移動に要する時間はあらかじめ与える
- 車両はすべて車庫から出発し、一度業務を開始したら終了まで車庫に戻らない



問題設定

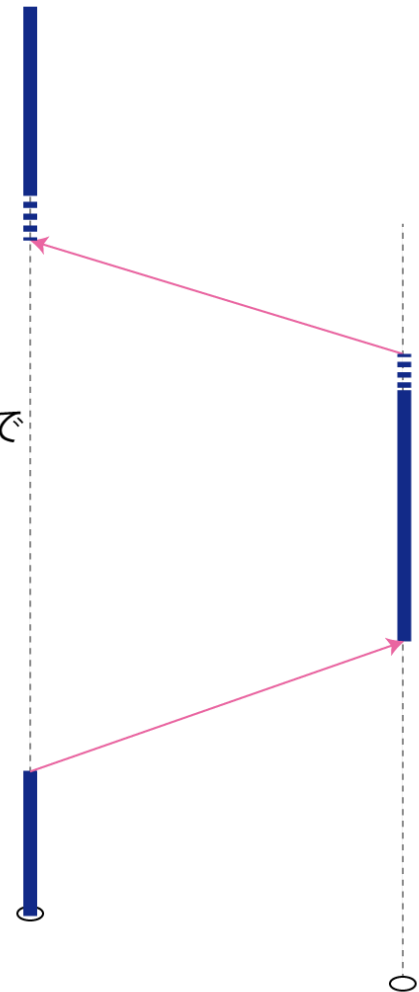
- ✓ 利用者のアクティビティは所与
- ✓ 全アクティビティを満たすように車両で移動
- ひとつの車両に複数人同乗してもよいが、各車両の容量以下となる
- 移動はアクティビティの終了後から開始し、次のアクティビティの開始前までに完了する
- 時間を離散化し、1タイムステップを最小単位として時刻を定める
- 隣接ノードの移動に要する時間はあらかじめ与える
- 車両はすべて車庫から出発し、一度業務を開始したら終了まで車庫に戻らない



問題設定

- ✓ 利用者のアクティビティは所与
- ✓ 全アクティビティを満たすように車両で移動
- ✓ ひとつの車両に複数人同乗してもよいが、各車両の容量以下となる
- 移動はアクティビティの終了後から開始し、次のアクティビティの開始前までに完了する
- 時間を離散化し、1タイムステップを最小単位として時刻を定める
- 隣接ノードの移動に要する時間はあらかじめ与える
- 車両はすべて車庫から出発し、一度業務を開始したら終了まで車庫に戻らない

≡ : 同一ノードで滞在



問題設定

- ✓利用者のアクティビティは所与
- ✓全アクティビティを満たすように車両で移動
- ✓ひとつの車両に複数人同乗してもよいが、各車両の容量以下となる
- ✓移動はアクティビティの終了後から開始し、次のアクティビティの開始前までに完了する
- 時間を離散化し、1タイムステップを最小単位として時刻を定める
- 隣接ノードの移動に要する時間はあらかじめ与える
- 車両はすべて車庫から出発し、一度業務を開始したら終了まで車庫に戻らない

モデルの概要

移動可能時間帯に変換

整数線形問題として定式化

車両と利用者の経路を時空間ネットワークを用いて表現

入力

時空間ネットワーク

移動コスト

車両台数

アクティビティパターン

車両容量

モデル

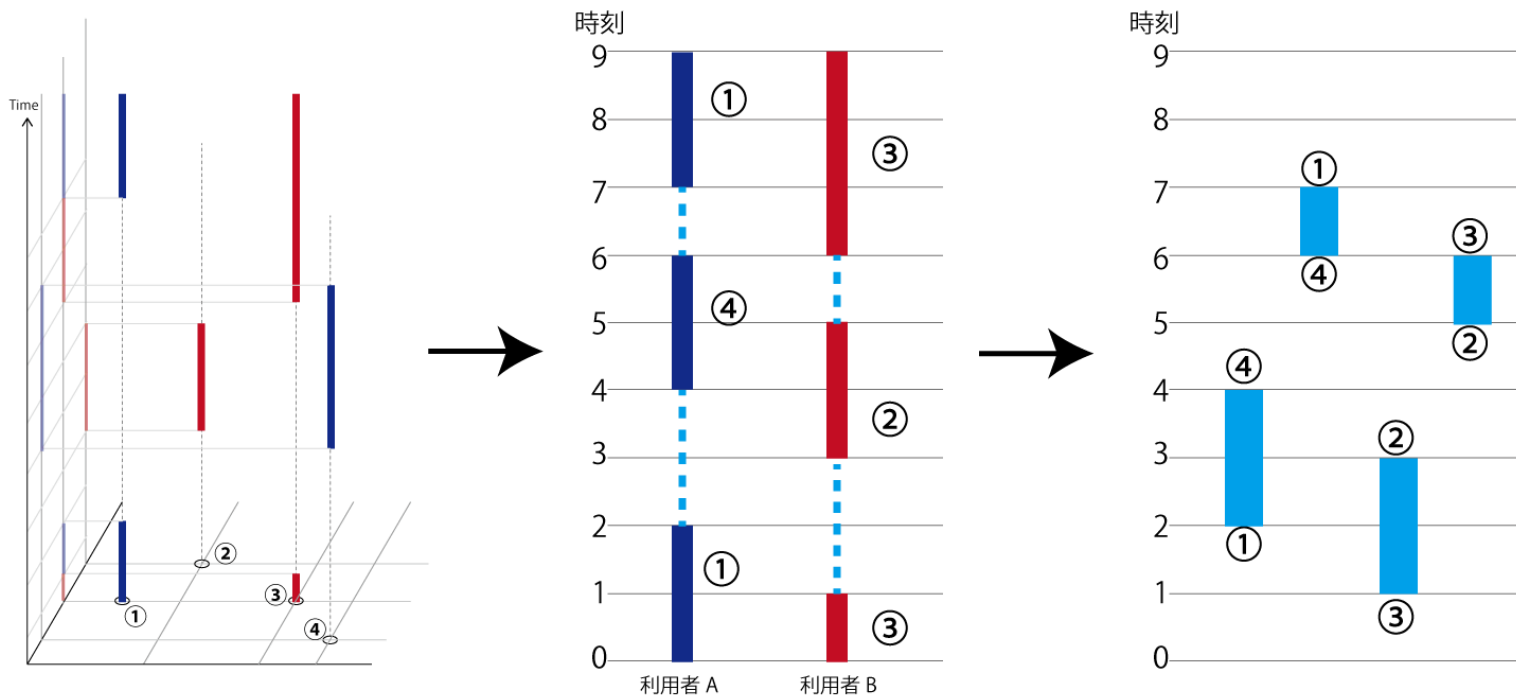
出力

車両移動経路

利用者移動経路

モデルの概要 -移動可能時間帯

- 複数人のアクティビティを得る
- アクティビティを終了してから次のアクティビティが開始するまでの時間: **移動可能時間帯**
- モデルには移動可能時間帯を与え、個人で区別しない



モデル - コンセプト

- 目的関数

- 利用者の移動時間総和
- 車両の走行時間総和
- 車両の車庫以外滞在時間総和

} これらの和を最小に
優先度はパラメータで決定

- 制約条件

- 車両は車庫から出発して業務を開始し、終了後車庫に戻る
- 利用者は移動可能時間帯の開始時間から移動・滞在を開始
- 利用者の移動は車両に乗って行う

- 決定変数

- 各車両・各利用者が時刻 t にノード i を出発しノード j へ移動するとき1

モデル - 定式化

$$\begin{aligned} \text{Minimize} \quad & \alpha \sum_{r \in R} \sum_{t \in T} \sum_{j \neq i | j \in G} \sum_{i \in G} c_{ij} y_{ijtt'}^r \\ & + \beta \sum_{k \in K} \sum_{t \in T} \sum_{j \neq i | j \in G} \sum_{i \in G} c_{ij} x_{ijtt'}^k + \gamma \sum_{k \in K} \sum_{t \in T} \sum_{i \neq b | i \in G} c_{ii} x_{iitt'}^k \end{aligned} \quad (1.1)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{j \in G} x_{bj0t'}^k = 1 \quad \forall k \in K \quad (1.2)$$

$$\sum_{i \neq b | i \in G} \sum_{j \in G} x_{ij0t'}^k = 0 \quad \forall k \in K \quad (1.3)$$

$$\sum_{j \neq b | j \in G} \sum_{t \in T} x_{bjtt'}^k = 1 \quad \forall k \in K \quad (1.4)$$

$$\sum_{i \neq b | i \in G} \sum_{t \in T} x_{ibtt'}^k = 1 \quad \forall k \in K \quad (1.5)$$

$$\sum_{i \in G} x_{ijtt'}^k = \sum_{h \in G} x_{jht't'}^k \quad \forall j \in G, \forall t' \in T, \forall k \in K \quad (1.6)$$

$$\sum_{j \in G} y_{ijtt'}^r = 1 \quad i = s_d^r, t = t_d^r, \forall r \in R \quad (1.7)$$

$$\sum_{i \in G} y_{ijtt'}^r = 1 \quad j = s_a^r, t' = t_a^r, \forall r \in R \quad (1.8)$$

$$\sum_{i \neq s_d^r | i \in G} \sum_{j \in G} y_{ijtt'}^r = 0 \quad t = t_d^r, \forall r \in R \quad (1.9)$$

$$\sum_{i \in G} \sum_{j \neq s_a^r | j \in G} y_{ijtt'}^r = 0 \quad t' = t_a^r, \forall r \in R \quad (1.10)$$

$$\sum_{i \in G} y_{ijtt'}^r = \sum_{h \in G} y_{jht't'}^r \quad \forall j \in G, \forall t' \in T (t' \neq t_d^r, t_a^r) \forall r \in R \quad (1.11)$$

$$\sum_{r \in R} y_{ijtt'}^r \leq \sum_{k \in K} x_{ijtt'}^k q_k \quad \forall t \in T, \forall i, j \in G (i \neq j) \quad (1.12)$$

$$x_{ijtt'}^k \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in G, \forall t \in T, \forall k \in K \quad (1.13)$$

$$y_{iitt'}^r \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in G, \forall t \in T, \forall r \in R \quad (1.14)$$

目的関数

第1項 利用者の移動時間総和

第2項 車両の走行時間総和

第3項 車両の車庫以外滞在時間総和

α, β, γ 大小を表すパラメータ

車両の制約

車両は車庫から出発して業務を開始

業務終了後車庫に戻る

保存則

利用者の制約

移動可能時間帯中のみ移動・滞在

保存則

容量・利用者移動制約

利用者の移動は車両に乗って行う

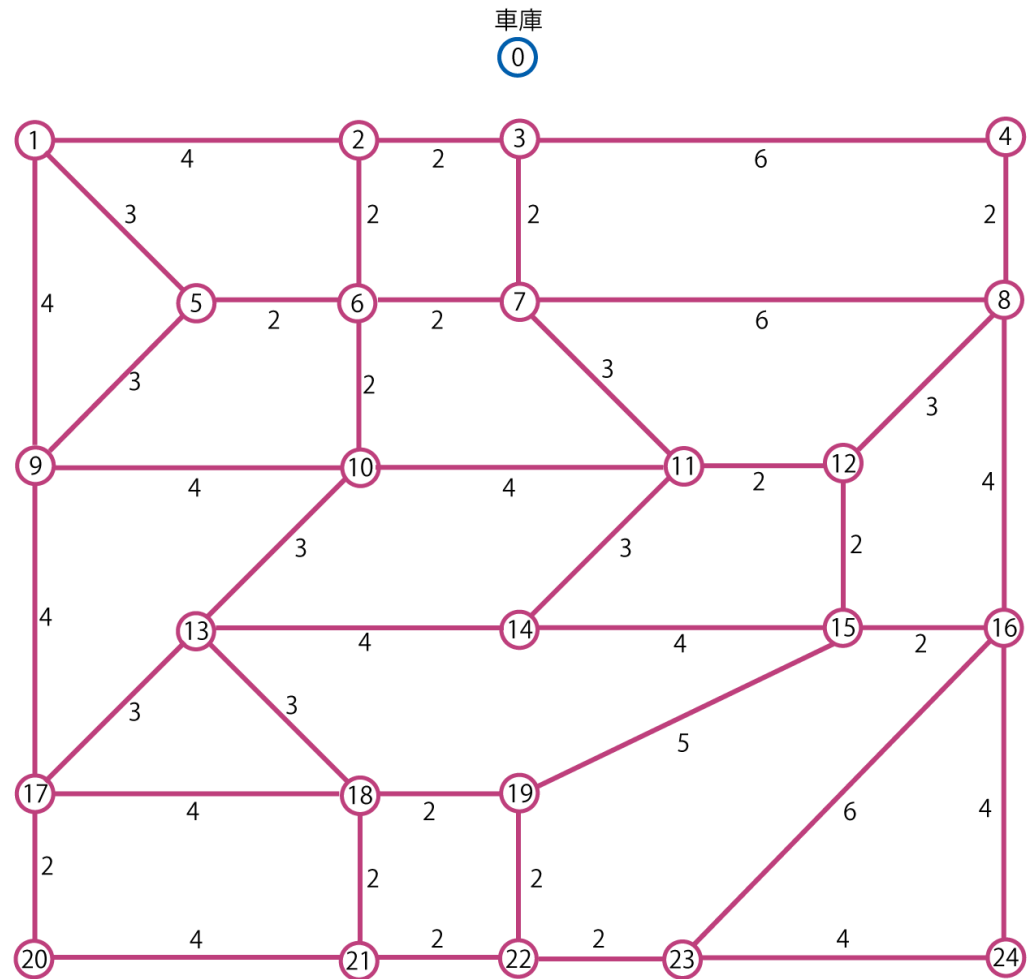
数値計算 - 入力

平面ネットワーク

- 車庫を含め25のノード

時空間ネットワーク

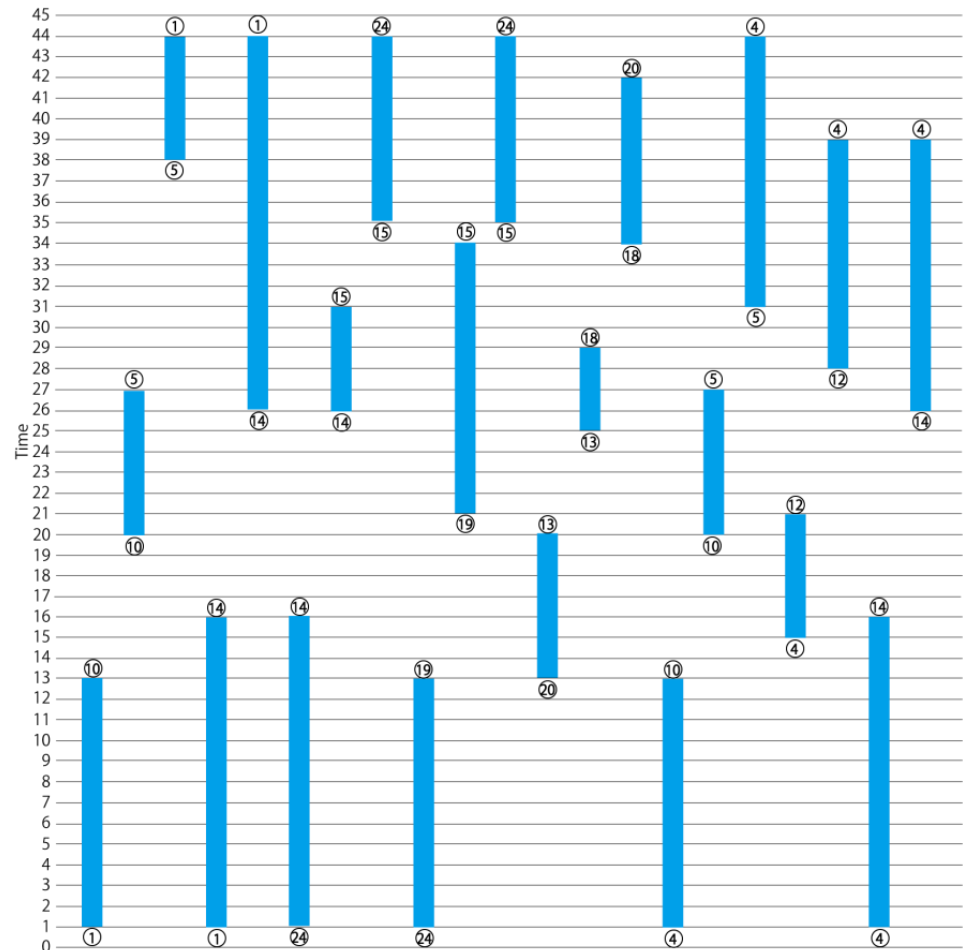
- タイムステップ総数:45
- リンク数:6759
- 車庫と各ノード間は時間0で移動できる



数値計算 -入力

移動可能時間帯

- 8人のアクティビティを集計
- 全21の移動可能時間帯
- ①②....:起終点ノード
- 車両6台ですべての利用者を移動させる
- 容量:4人



数値計算 -結果

ノード0:車庫

実線:車両経路

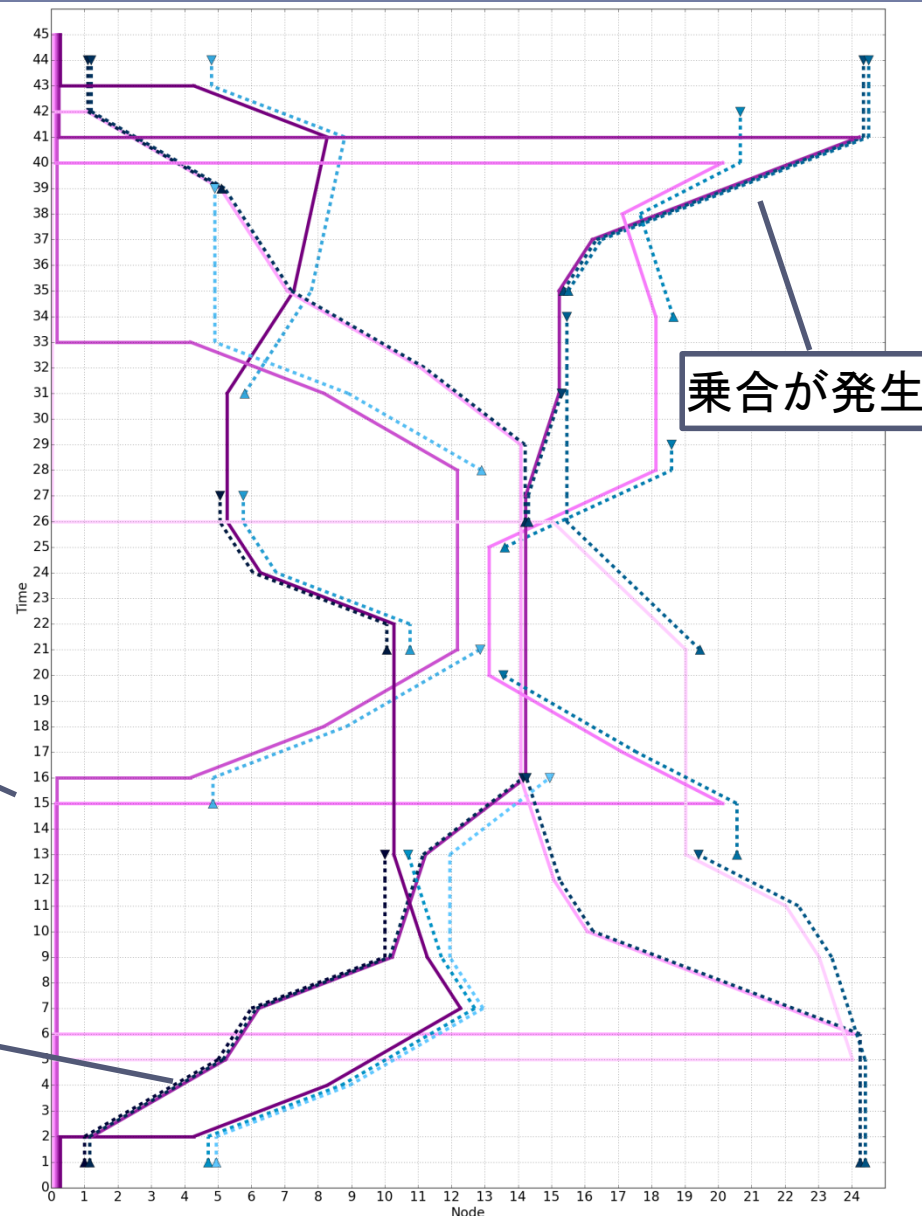
点線:利用者経路

目的関数値:15215.67

全車車庫から出発
業務終了で車庫に
戻る

利用者の移動には
並行する車両軌跡
あり

問題設定を表現する解を得た



— Vehicle ▲▲ Departure point of user
 User ▼▼ Arrival point of user

数値計算 - 考察

車両総走行時間

- 8人が各自専用車で移動:
154時間
- 車両数6台のモデルの解:
115時間
- 車両台数と車両総走行時間の削減が可能

