EVを利用した配送コスト削減と最適ルート提案

静岡理工科大学　情報学部
肥田稔真

数理システムユーザーコンファレンス2017

今、世界で電気自動車が注目されている

海外では、政府がEVに移行を推奨

セブンイレブンがEVトラックを試験的に導入

日産の新型EVが航続距離400km達成

問題点

インターネットショッピングが普及し，
運送業に対するニーズが増大している．

限られた人材を良い環境で労働できるように，
コスト削減の必要がある．

解決策

電気自動車によるコスト削減

最適ルート提案

実験方法

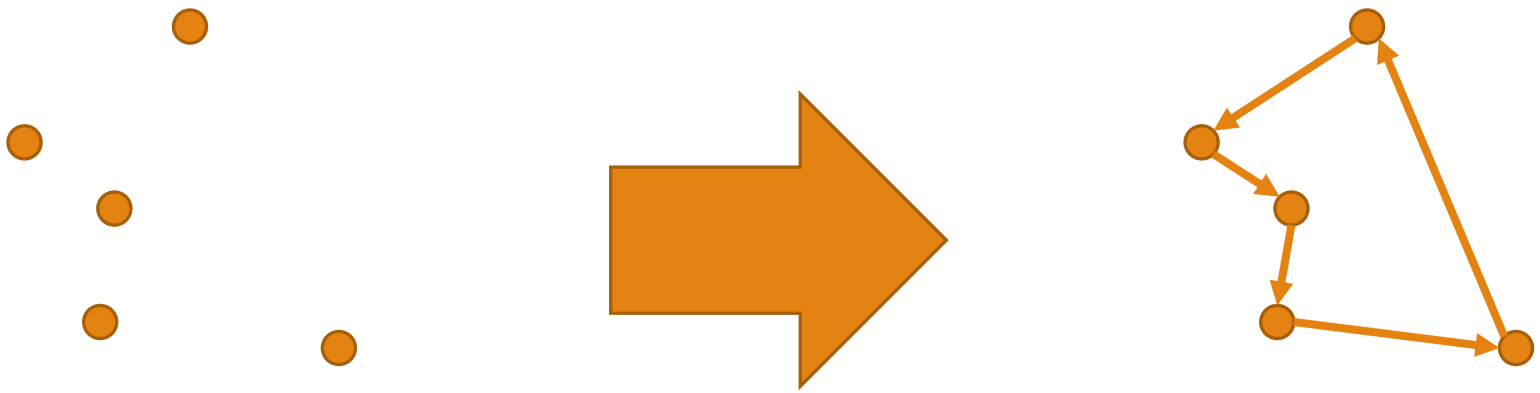
電気自動車の充電コスト，時間ロスを含め
総コストとして算出し、ガソリン車と比べる.

最適ルート提案

最適ルートは巡回セールスマン問題
(Traveling Salesman Problem, 以下、TSP)
　として，具体的な最適ルートを提案する.

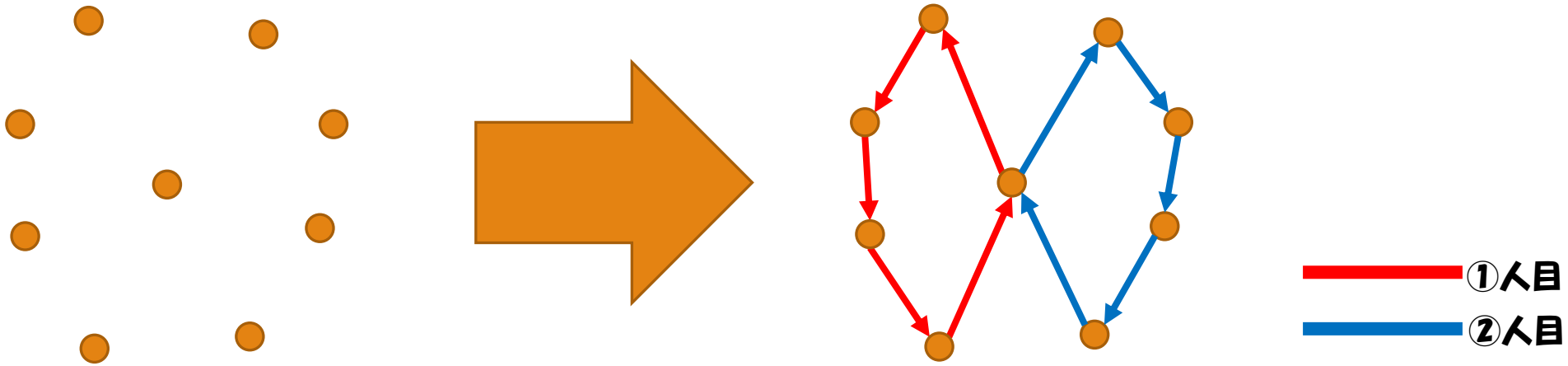
巡回セールスマン問題(TSP)とは

与えられたすべての拠点を1度ずつ訪れる経路の
総コストが最小になるように求める問題



複数巡回セールスマン問題(MTSP)

与えられたすべての拠点を1度ずつ訪れる経路の
総コストが最小になるように求める問題



最適ルート提案

最適ルートは巡回セールスマン問題
として，具体的な最適ルートを提案する.

問題点
・計算量の大きさ
・制約条件の設定
etc…

TSPのビジネス利用のための必要な要素を提案

本研究で行ったこと

TSPのモデル化

システム構成（フローチャート）

計算例及び結果表示

EV を利用したTSP のモデル化

$C = (c_{ij})$ は A における平面コストの集合行列.

C は対称行列であり, $c_{ij} = c_{ji}, \forall (i, j) \in A$.

↓V →A	拠点A	拠点B	・・・	拠点G
拠点A	コストAA	コストAB	・・・	コストAG
拠点B	コストAB	コストBB	・・・	コストBG
・・・	・・・	・・・	・・・	・・・
拠点G	コストAG	コストBG	・・・	コストGG

EV を利用したTSP のモデル化

また、現在地と次の拠点の組み合わせが
使用されたかどうかの判断をするため、
以下の指示関数を定義しておく.

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & if\ arc(i,j)\ is\ used\ on\ the\ tour, \\ 0 & otherwise. \end{cases} \tag{1}$$

提案システム構成

初期設定

- 拠点登録と拠点間パラメタ(距離,移動時間)の取得

最適ルートの計算

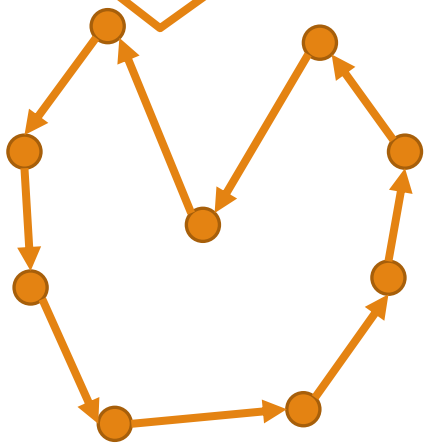
- 遺伝アルゴリズムを用いて,
最適ルートを計算する。

結果の表示

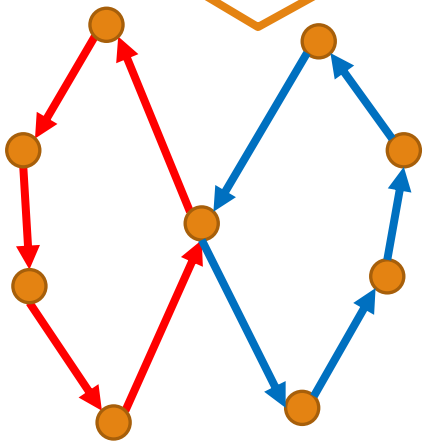
- 電気自動車の航続距離制限を設けて,
ルートを分割し, 表示する.

最適ルート計算について

GAによる経路算出
各拠点間のデータは
直線距離



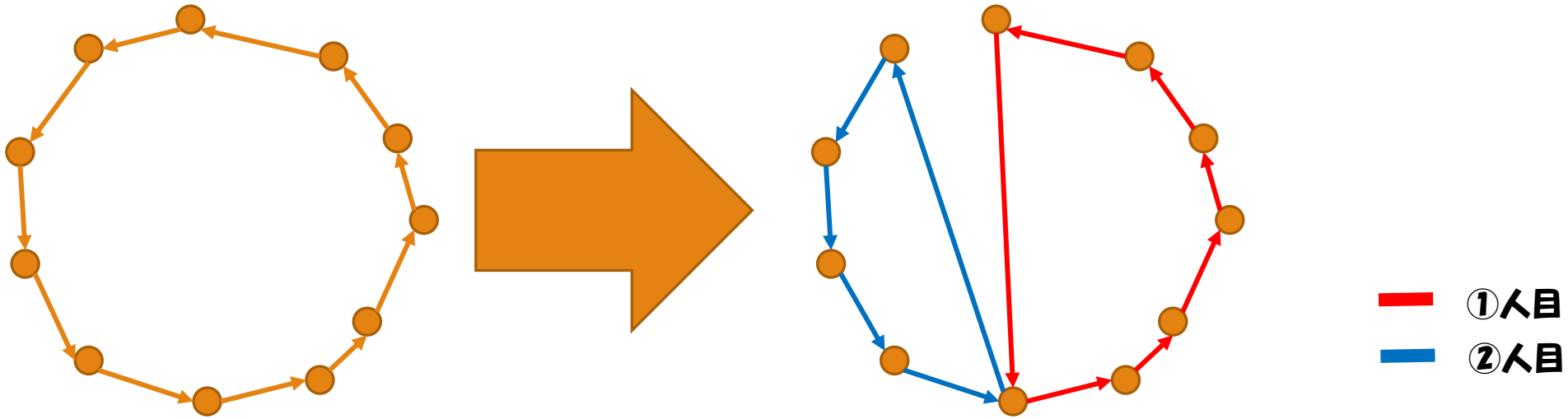
経路分割計算
各拠点間のデータは
Google APIによる
実距離、実時間



①人目
②人目

分割方法について

Cmeans法で算出した一人用の経路を分割する為、
図のような分割となる(①、②ともに移動距100Km以内)



分割方法について

Cmeans法で算出した一人用の経路を分割する

分割に使用した
計算方法

$$(j / m)(T - 2Cmax) + Cmax$$

数値計算例

今回は静岡県掛川市における小学校から大学までのすべての37 学校を巡回することとした.

まずガソリン車で巡回するとし,
遺伝的アルゴリズム(以下,GA)で
最適化計算を行う.

表 1: GA で利用するパラメタ

Gene	Value
Number of genes	100
Number of generations	50000
Intersection	partially matched crossover
Selection pressure	0.7
Sudden generation	insertion mutation
Sudden incidence	0.03
Parallelization method	master-slave parallelization

ガソリン車の設定

項目	値
燃費	12km/l
ガソリン単価	130円/l
時給	1200円/時
燃料コスト	総距離(km) / 12 * 130(円)
人件費	(総時間(分) / 60+1) * 1200(円)
総コスト	燃料コスト + 人件費(円)

ガソリン車のコスト

項目	値
総距離(km)	191.390
総時間(分)	405
燃料コスト(円)	2073
人件費(円)	8400
総コスト(円)	10473

電気自動車の設定

項目	値
航続距離	100km/回
充電費用	300円/回
時給	1200円/時
燃料コスト	充電回数 * 300(円)
人件費	(総時間(分) / 60+1) * 1200(円)
総コスト	燃料コスト + 人件費(円)

電気自動車のコスト

項目	値
総距離(km)	192.134
総時間(分)	411
燃料コスト(円)	600
人件費(円)	8400
総コスト(円)	9000

費用の比較

電気自動車の
方が1400円
ほど安い！

項目	ガソリン車	電気自動車
総距離(km)	191.390	192.134
総時間(分)	405	411
燃料コスト(円)	2073	600
人件費(円)	8400	8400
総コスト(円)	10473	9000

拠点数を多くした場合との比較

今回行った計算例は拠点数が
37と少ない状態でのシミュレーションだったため、
他に50学校、61学校存在する地域を対象に
再度シミュレーションを行い、比較を試みた。

電気自動車の方が700円ほど安い！

費用の比較(50拠点、神戸市)

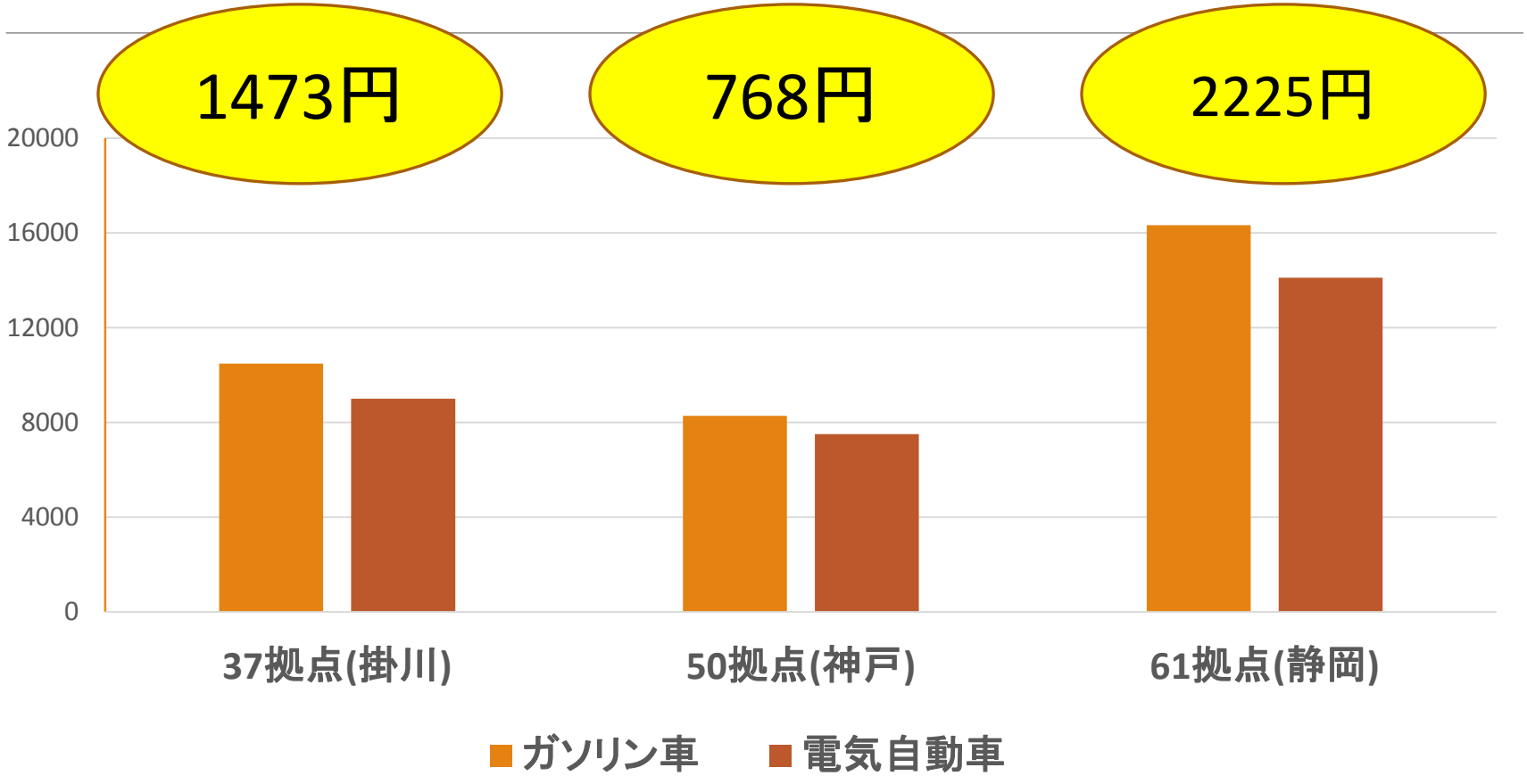
項目	ガソリン車	電気自動車
総距離(km)	98.668	98.668
総時間(分)	311	311
燃料コスト(円)	1068	300
人件費(円)	7200	7200
総コスト(円)	8268	7500

電気自動車の方が2200円ほど安い！

費用の比較(61拠点静岡市)

項目	ガソリン車	電気自動車
総距離(km)	288.54	297.22
総時間(分)	624	644
燃料コスト(円)	3125	900
人件費(円)	13200	13200
総コスト(円)	16325	14100

拠点数ごとの費用比較


1473円
768円
2225円
20000
16000
12000
8000
4000
0
37拠点(掛川)
50拠点(神戸)
61拠点(静岡)
ガソリン車
電気自動車

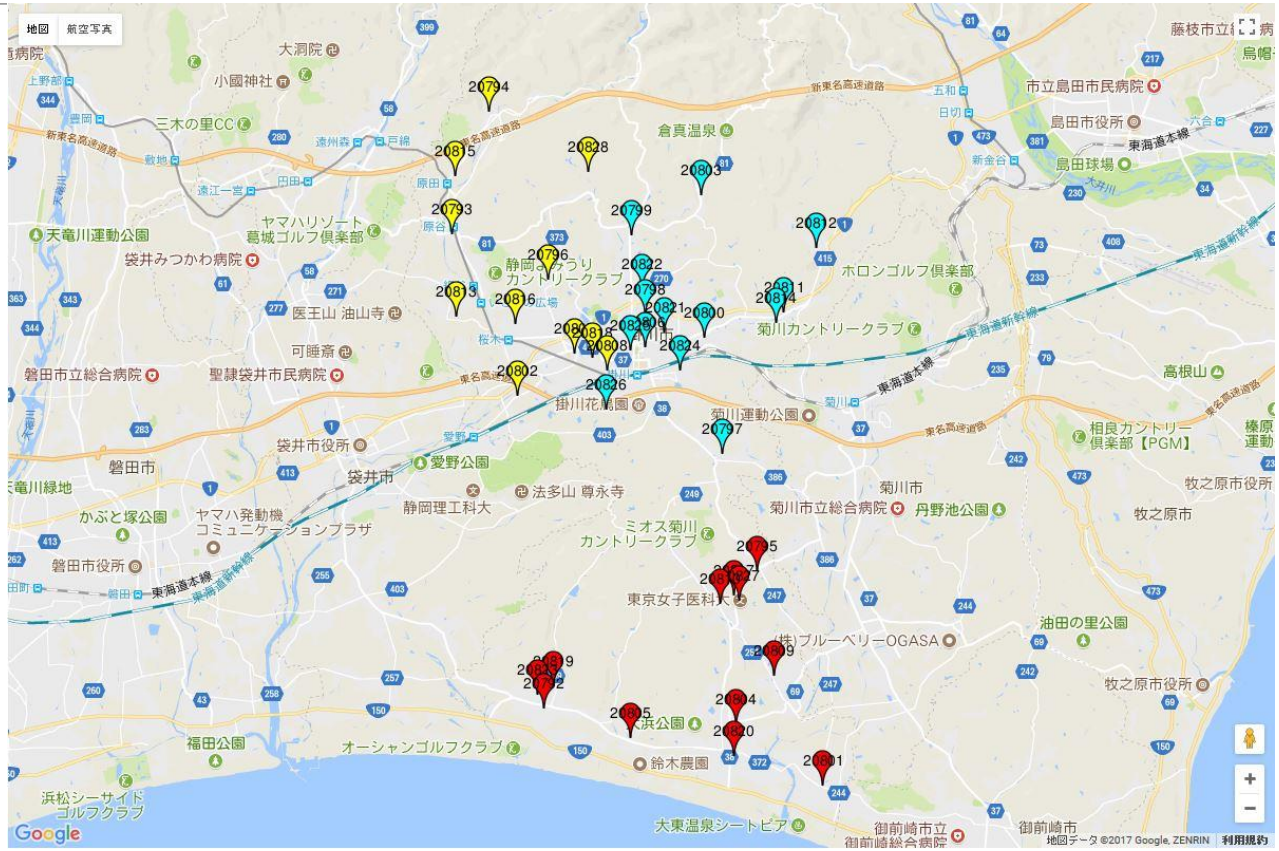
拠点数ごとの費用比較

1473円
768円
2225円
20000
16000
12000
8000
4000
0
走行距離が長いほど、
差額が多くなる！
37拠点(掛川)
50拠点(神戸)
61拠点(静岡)
ガソリン車
電気自動車

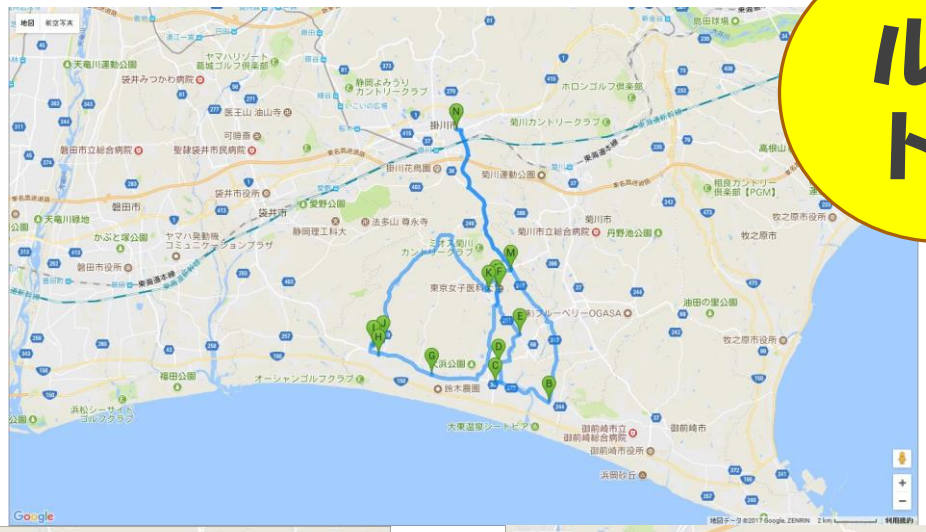
Kmeans法を使用した算出

Cmeans法はMTSPに適していないので、

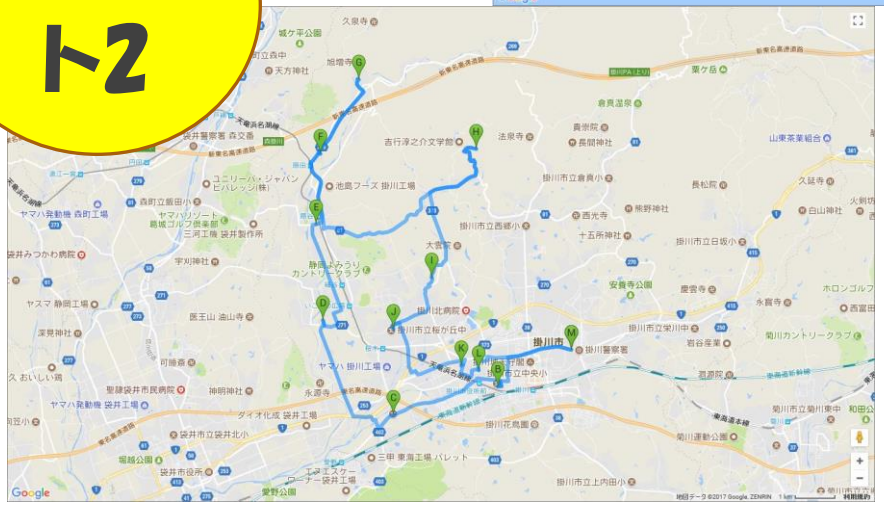
Kmeans法を利用して経路分割を図る



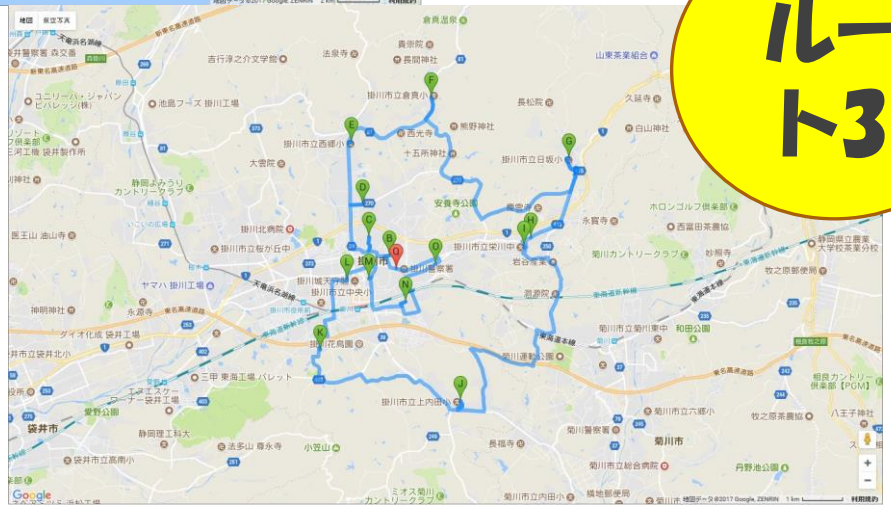
ルート1



ルート2



ルート3



Kmeansでのコスト(電気自動車)

項目	値
総距離(km)	146.457
総時間(分)	339
燃料コスト(円)	900
人件費(円)	7200
総コスト(円)	8100

費用の比較

Kmeansの方が
900円安い！

項目	Kmeans	Cmeans(EV)	(ガソリン)
総距離(km)	146.457	191.854	187.14
総時間(分)	339	407	407
燃料コスト(円)	900	600	2070
人件費(円)	7200	8400	8400
総コスト(円)	8100	9000	10470

Numerical Optimizerを利用した経路算出

更なる最適化を図るため,
Numerical Optimizerを使用し経路の算出を行った.

Cmeans法でのGAによって算出した
経路との比較を行う.

Numerical Optimizerを利用した経路算出

Nuoriumで最適化を行った結果は右のようになる.

各種出力

stdout.log | solfile.log | summary.log | message.log

ga_2017/10/12 18:03:20

クラス	値	サイズ
Objectives		
route (…	79.59142394	1
Sets		
City (…	id1 id2 id3 id4 id5 id6 id7 id8 id9 …	37
City_ (…	id2 id3 id4 id5 id6 id7 id8 id9 id1…	36
Elements		
c1∈City		
c2∈City		
c_∈City_		
c1_∈Ci…		
c2_∈Ci…		
Parameters		
dis[c1,…	[id1,id1] 0 [id1,id10] 8.5875668…	1369(37,37)
num	36	1
Variables		
x[c1,c2…	[id1,id1] 0 [id1,id10] 0 [id1,id11]…	1369(37,37)
y[c_] (…	[id10] 33 [id11] 2 [id12] 11 [id1…	36(36)

Numerical Optimizerを利用した経路算出

Nuoriumの方が
3割ほど短い！

以下がそれぞれの経路算出の比較になる.

GAで算出した値は上下するので、10回実行した平均値をとるものとする.

GA	Nuorium
119.16517(km)	79.59142(km)

まとめと今後の課題

- 巡回ではガソリン車より電気自動車の方が安いという結果となり、コスト削減が狙えた
- Nuoriumを使用した経路算出や、Kmeans法を利用した経路分割により、更なるコストカットに成功した
- 充電スポットを入れた最適ルート
- 実距離を使用して最適化計算、最適化計算の改良