



1



2

# スマホアプリでも 情報取得OK



3

# 遠鉄バス どこ!?マップ

<https://info.entetsu.co.jp/navi/pc/location.aspx?no=15>



**1分おきにバスの位置が更新される**

4

A

# バスが どこまで来ているか

時刻表通りの運行が難しい  
路線バスには**重要な情報**

5

C

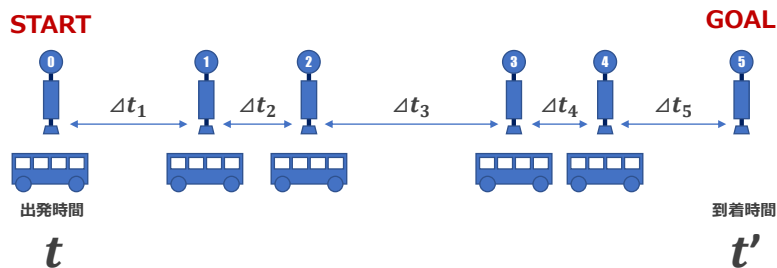
# バスが いつ着くのか

時刻表通りの運行が難しい  
路線バスの  
**もうひとつの重要な情報**

6

## バス到着時間

C



出発時間 所要時間

到着時間  $t' = t + \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 + \Delta t_5$

各区間の**所要時間**が**予測**できれば、  
**到着時間**はわかる

7

## 予測と言えば...

A

人工知能 ビッグデータ  
ディープラーニング

大量のデータに基づいた予測

長時間が必要

様々な外的変化が発生

所要時間の変化を  
関連づけるのは困難

8

## 仮説



短時間のデータの蓄積なら...



所要時間を変化させる  
外的変化が少ない  
同一環境下でのデータ

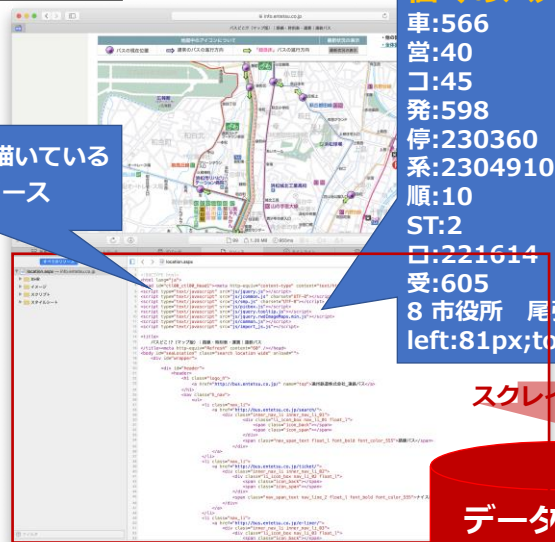


所要時間の変化を  
関連づけることが可能

9

## データの取得

ホームページを描いている  
HTMLソース



個々のバスの情報

車:566  
営:40  
コ:45  
発:598  
停:230360  
系:2304910  
順:10  
ST:2  
□:221614  
受:605  
8 市役所 尾張町 浜松駅  
left:81px;top:755px;

スクレイピング

データベース  
へ蓄積

10

# データベースの内容

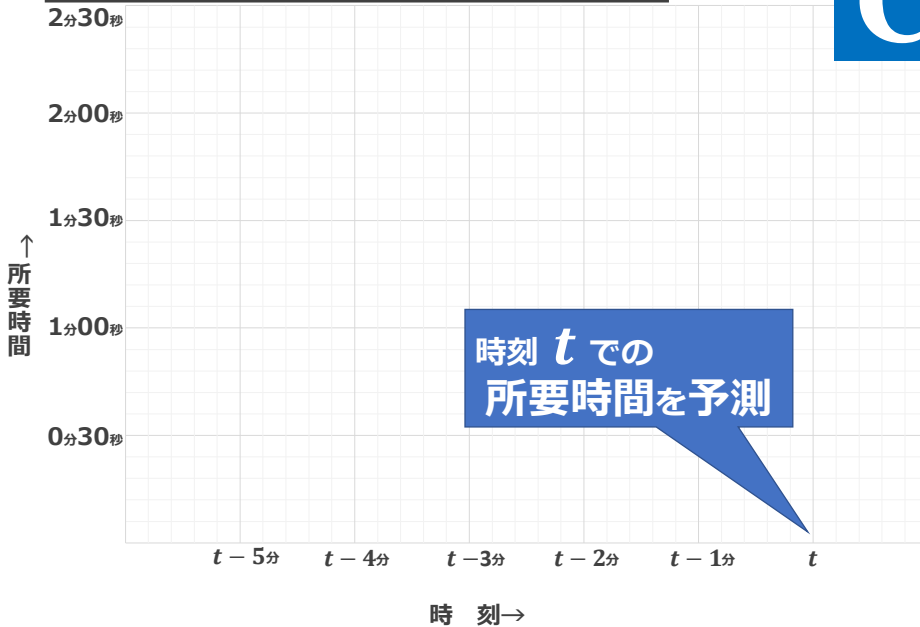
スタートから  
各バス停までの所要時間



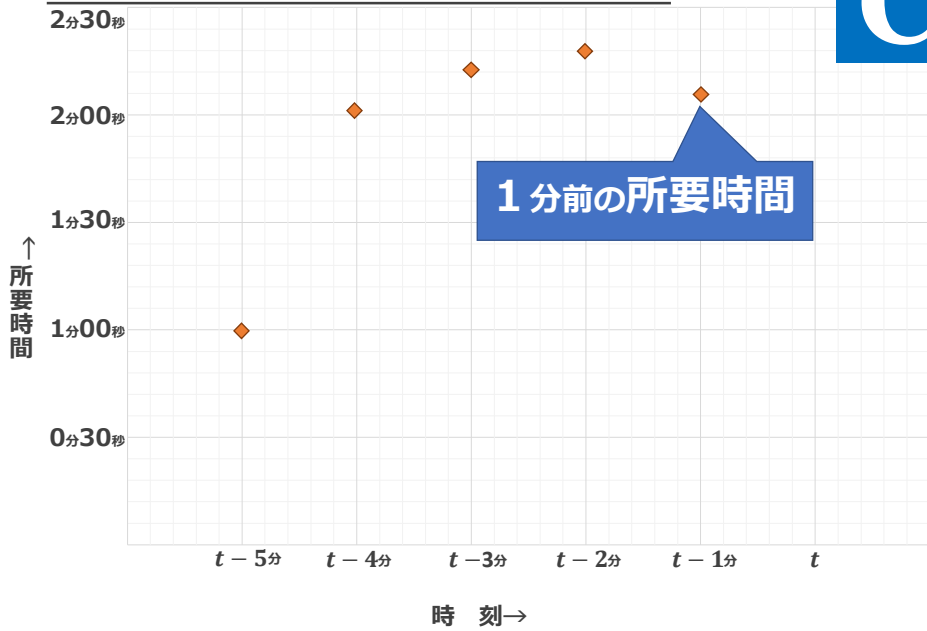
路線名 スタート時刻

route	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
40 聖隷三方原 尾張町 浜松駅	2019-07-03 07:24:07	60	121	181	242	302	423	605	665	726	786	907	1028	1149	1331	1391	1452
43 金指 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 07:26:08	121	181	242	302	423	544	726	786	907	968	1089	1149	1331	1391	1573	1633
46 77/ 奥馬野 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 07:35:12	61	121	242	363	424	545	787	908	968	1029	1150	1272	1454	1514	1696	1757
41 葵町 高丘 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 07:36:13	60	181	242	363	423	605	847	907	968	1089	1089	1272	1453	1574	1696	1816
44 金指 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 07:37:13	121	242	303	363	484	666	908	968	968	1090	1212	1393	1575	1636	1756	1817
41 葵町 高丘 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 07:51:20	61	121	182	425	546	667	849	970	1091	1213	1273	1394	1636	1758	1879	2000
45 金指 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 07:51:20	121	182	243	486	607	667	909	1031	1152	1213	1334	1394	1636	1758	1939	2000
40 聖隷三方原 尾張町 浜松駅	2019-07-03 07:53:21	122	183	244	486	546	668	910	1031	1031	1152	1213	1334	1515	1637	1758	1879
46 77/ 奥馬野 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 08:07:30	121	121	243	424	545	666	848	909	1030	1030	1091	1273	1394	1454	1576	1638
40 聖隷三方原 尾張町 浜松駅	2019-07-03 08:10:32	61	121	182	363	484	727	848	970	1030	1091	1151	1272	1333	1394	1456	1516
45 金指 聖隷別荘前-高枚 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 08:14:34	121	182	242	364	485	667	909	970	1030	1091	1152	1214	1274	1335	1456	1517
40 聖隷三方原 尾張町 浜松駅	2019-07-03 08:18:36	61	122	243	303	425	667	788	972	972	1032	1093	1154	1214	1336	1457	1578
44 金指 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 08:24:40	61	122	122	243	303	485	729	729	850	850	850	911	1093	1093	1275	1336
41 葵町 高丘 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 08:24:40	61	122	182	303	424	485	729	850	850	911	972	1032	1093	1154	1275	1397
40 聖隷三方原 尾張町 浜松駅	2019-07-03 08:28:43	121	121	303	303	303	486	607	729	789	789	850	911	1032	1093	1154	1214
40 聖隷三方原 尾張町 浜松駅	2019-07-03 08:41:52	61	122	243	304	365	365	485	607	667	728	788	910	970	970	1152	1212
40 聖隷三方原 尾張町 浜松駅	2019-07-03 08:44:54	61	122	183	243	303	364	425	546	606	667	728	788	849	970	1091	1153
44 金指 聖隷三方原 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 08:50:58	61	121	242	303	303	364	485	666	727	789	849	911	1032	1093	1154	1215
40 聖隷三方原 尾張町 浜松駅	2019-07-03 09:01:04	121	183	243	305	305	366	548	730	730	851	851	912	973	1034	1094	1155
41 葵町 高丘 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 09:06:09	61	121	121	182	243	243	304	425	485	546	607	729	789	789	911	973

# ある区間での所要時間の予測

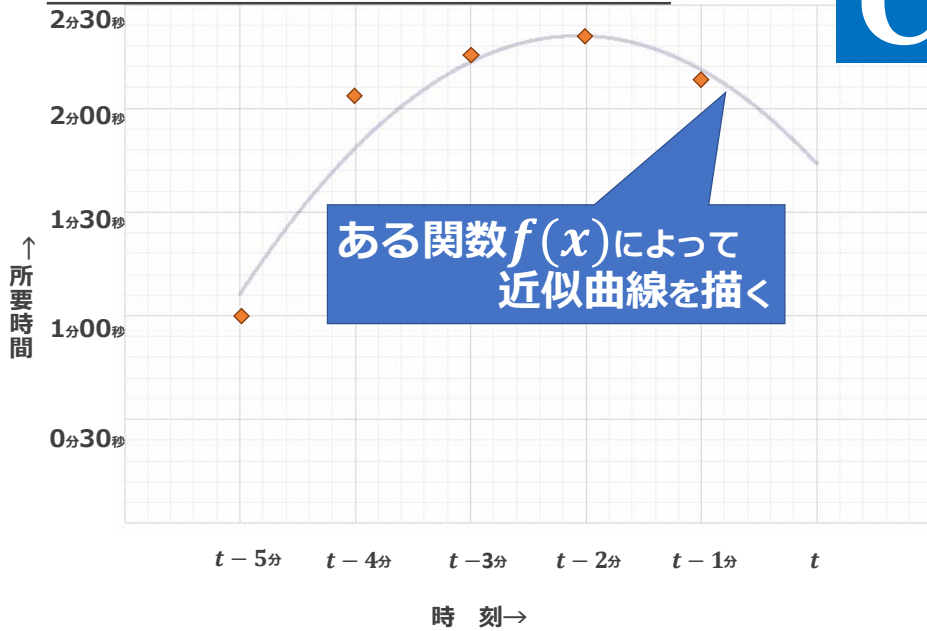


## ある区間での所要時間の予測



13

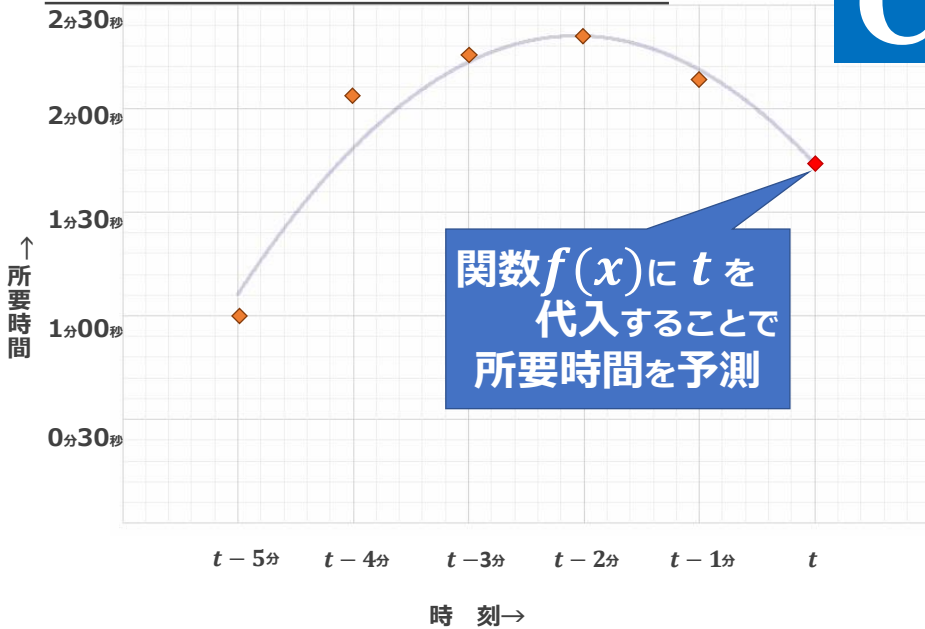
## ある区間での所要時間の予測



14

## ある区間での所要時間の予測

C



15

## 遺伝的アルゴリズム によって

C

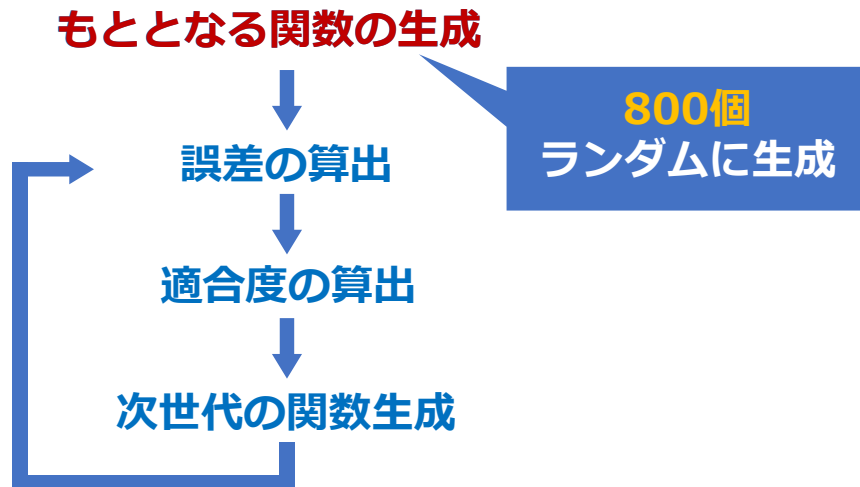
関数を進化させることで  
より正確な近似曲線を自動生成

18



## 遺伝的アルゴリズム

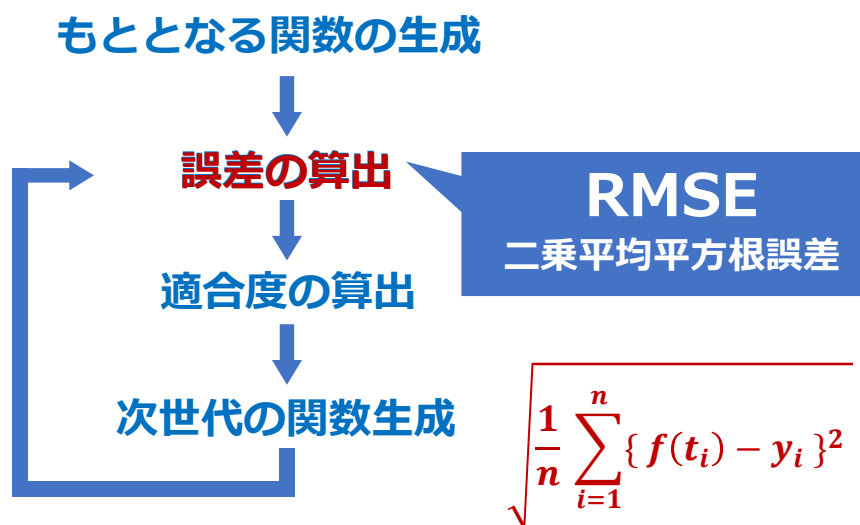
C



19

## 遺伝的アルゴリズム

C



20

## 遺伝的アルゴリズム

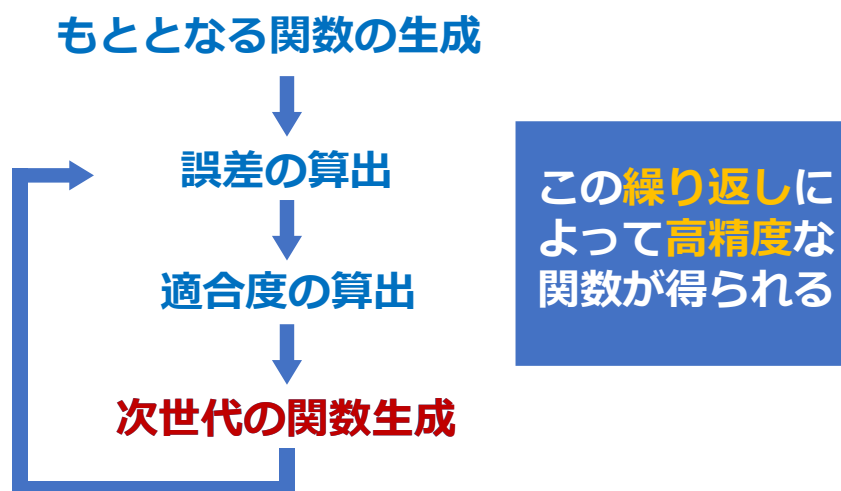
C



21

## 遺伝的アルゴリズム

C



22

## 実験

- ・昔からの狭い道
- ・過密路線
- ・ある程度の距離 約5km

時刻表通りの運行が最も困難な路線で予測

27

## 結果

### 各種類の関数の適合度

A

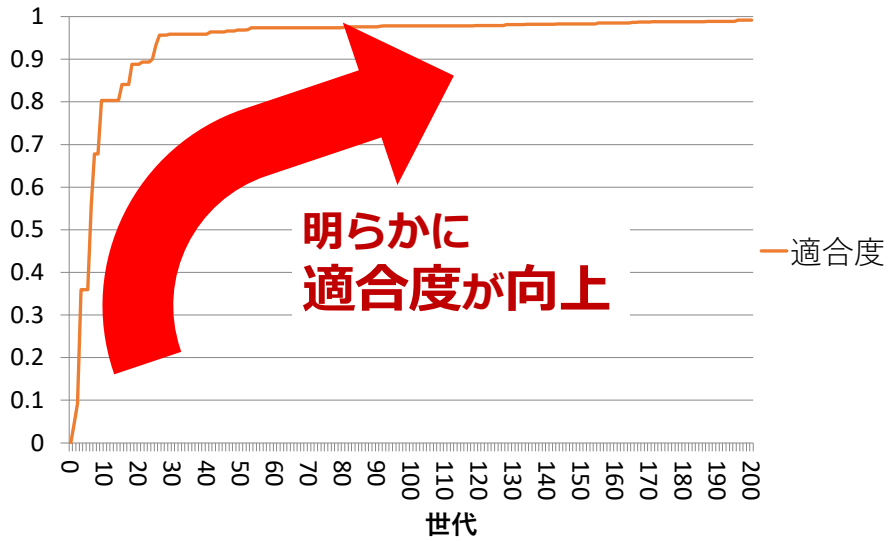
[ 2 ]	min= 0.06689	max= 0.66667	avg= 0.53965	[ y = 1.79973	]
[ 2 ]	min= 0.02362	max= 0.66759	avg= 0.35191	[ y = -0.03292 * x + 0.93182	]
[ 2 ]	min= 0.00820	max= 0.61270	avg= 0.20700	[ y = 0.01750 * x**2 + 0.29706 * x + 3.01689	]
[ 2 ]	min= 0.00110	max= 0.39608	avg= 0.09042	[ y = -0.01998 * x**3 + -0.33427 * x**2 + -1.14473 * x + 1.90413	]
[ 7 ]	min= 0.59349	max= 0.66667	avg= 0.66381	[ y = 1.50000	]
[ 7 ]	min= 0.28746	max= 0.67159	avg= 0.63680	[ y = -0.03289 * x + 1.25759	]
[ 7 ]	min= 0.06584	max= 0.67029	avg= 0.47210	[ y = -0.00049 * x**2 + -0.03490 * x + 1.31486	]
[ 7 ]	min= 0.01684	max= 0.75165	avg= 0.33391	[ y = -0.01050 * x**3 + -0.22222 * x**2 + -1.35273 * x + -0.81814	]
[ 12 ]	min= 0.61612	max= 0.66667	avg= 0.66577	[ y = 1.50000	]
[ 12 ]	min= 0.48589	max= 0.67159	avg= 0.66869	[ y = -0.03261 * x + 1.26086	]
[ 12 ]	min= 0.20218	max= 0.67498	avg= 0.57845	[ y = 0.00902 * x**2 + 0.10493 * x + 1.70746	]
[ 12 ]	min= 0.03258	max= 0.76090	avg= 0.45581	[ y = -0.01039 * x**3 + -0.22221 * x**2 + -1.35296 * x + -0.81823	]
[ 17 ]	min= 0.66266	max= 0.66667	avg= 0.66661	[ y = 1.20000	]
:	:	:	:	:	:
[ 92 ]	min= 0.67543	max= 0.67364	avg= 0.67364	[ y = 0.00861 * x**2 + 0.10641 * x + 2.07500	]
[ 92 ]	min= 0.63509	max= 0.67543	avg= 0.67462	[ y = -0.01120 * x**3 + -0.25378 * x**2 + -1.69230 * x + -1.77375	]
[ 97 ]	min= 0.66257	max= 0.67543	avg= 0.67487	[ y = 0.00861 * x**2 + 0.10641 * x + 1.72917	]
[ 97 ]	min= 0.27598	max= 0.80410	avg= 0.72589	[ y = -0.01120 * x**3 + -0.25378 * x**2 + -1.69230 * x + -1.77375	]
[ 101 ]	min= 0.62771	max= 0.66667	avg= 0.66617	[ y = 1.49999	]
[ 101 ]	min= 0.61923	max= 0.67159	avg= 0.67071	[ y = -0.03261 * x + 1.26086	]
[ 101 ]	min= 0.63509	max= 0.67543	avg= 0.67462	[ y = 0.00861 * x**2 + 0.10641 * x + 1.72917	]
[ 101 ]	min= 0.14348	max= 0.80456	avg= 0.74398	[ y = -0.01144 * x**3 + -0.25813 * x**2 + -1.71311 * x + -1.77609	]

各関数の世代

-13.0, 2.0  
-9.0, 1.0  
-8.0, 1.0  
-6.0, 2.0  
-5.0, 2.0  
-3.0, 1.0

28

## 適合度の推移



29

## 集計結果



### 時刻ごとの各区間の所要時間の計算結果

time	delta1	delta2	delta3	delta4	delta5	delta6	delta7	delta8	delta9	delta10
2019-07-04 13:02:21	0	6	-4	1	-2	8	-2	3	-2	2
2019-07-04 13:03:20	0	7	-4	1	-3	8	-3	3	0	0
2019-07-04 13:04:21	0	0	0	-1	0	1	3	-2	0	0
2019-07-04 13:05:22	0	0	1	0	0	-1	1	7	0	-2
2019-07-04 13:06:23	0	0	1	0	0	-1	1	7	-1	0
2019-07-04 13:07:24	0	0	0	0	1	2	0	1	-1	0
2019-07-04 16:31:27	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2019-07-04 16:35:27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2019-07-04 16:36:27	0	0	0	0	0	0	0	2	-3	1
2019-07-04 16:37:27	0	0	0	0	0	0	0	3	-4	1
2019-07-04 16:38:27	-3	0	-3	0	5	-1	-2	3	-2	3
2019-07-04 16:39:28	1	1	2	0	0	1	0	5	-2	3
2019-07-04 16:40:27	1	1	2	0	0	1	0	5	-3	-1
2019-07-04 16:41:27	1	-3	0	0	-2	1	0	7	-3	-2

バス停間の  
予想所要時間が...

マイナス = 時間が逆戻り!?  
ゼロ = 瞬間移動!?

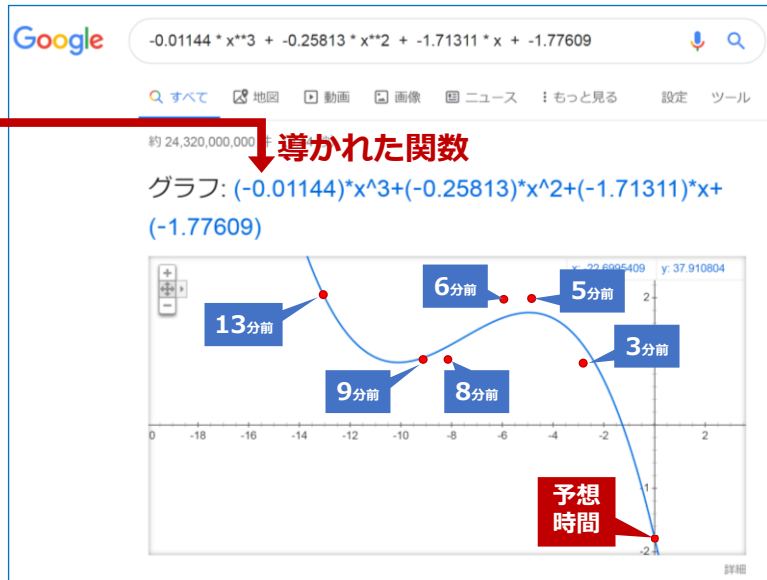
30

## 検証

A

### 実測値

時刻	所要時間
-13分	2分
-9分	1分
-8分	1分
-6分	2分
-5分	2分
-3分	1分



32

## 考察

A

- 1分単位での時間の計測しかできない  
→ **大雑把な時間のデータ**
- 位置情報 ≠ GPS  
位置情報 = 向かっているバス停  
現在位置ではない  
= 不確かな移動距離
- **過去**の所要時間の変化は  
**現在**の所要時間と関係ない

33

## 再検討

### スタートから各バス停までの所要時間



route	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
40 聖隷三方原 尾張町 浜松駅	2019-07-03 07:24:07	60	121	181	242	302	423	605	665	726	786	907	1028	1149	1331	1391	1452			
43 金指 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 07:26:08	121	181	242	302	423	544	726	786	907	968	1089	1149	1331	1391	1573	1633			
46 77/ 奥馬野 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 07:35:12	61	121	242	363	424	545	787	908	968	1029	1150	1272	1454	1514	1696	1757			
41 葵町 高丘 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 07:36:13	60	181	242	363	423	605	847	907	968	1089	1089	1272	1453	1574	1696	1816			
44 金指 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 07:37:13	121	242	303	363	484	666	908	968	968	1090	1212	1393	1575	1636	1756	1817			
41 葵町 高丘	2019-07-03 07:38:13	60	121	182	243	304	425	607	667	728	849	970	1091	1213	1273	1394	1636	1758	1879	2000
45 金指 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 07:40:20	121	182	243	304	425	607	849	909	969	1091	1152	1213	1334	1394	1636	1758	1939	2000	
40 聖隷三方原 尾張町 浜松駅	2019-07-03 07:53:21	122	183	244	486	546	668	910	1031	1031	1152	1213	1334	1515	1637	1758	1879			
46 77/ 奥馬野 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 08:07:30	121	121	243	425	607	849	909	970	1030	1091	1152	1214	1274	1455	1516	1638			
40 聖隷三方原 尾張町 浜松駅	2019-07-03 08:11:52	61	121	182	363	424	545	787	908	968	1029	1150	1272	1333	1394	1456	1516			
45 金指 聖隷列々ヶ高校 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 08:14:34	121	182	242	364	485	667	909	970	1030	1091	1152	1214	1274	1335	1456	1517			
40 聖隷三方原 尾張町 浜松駅	2019-07-03 08:28:43	61	122	183	243	303	485	607	729	789	850	911	1032	1113	1336	1457	1578			
44 金指 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 08:24:43	61	122	183	243	303	425	546	606	667	728	788	849	970	1091	1153				
41 葵町 高丘 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 08:24:40	61	122	182	303	424	485	729	850	850	911	972	1032	1093	1154	1275	1397			
40 聖隷三方原 尾張町 浜松駅	2019-07-03 08:28:43	121	121	303	303	486	607	729	789	789	850	911	1032	1093	1154	1214				
40 聖隷三方原 尾張町 浜松駅	2019-07-03 08:41:52	61	122	243	304	365	485	607	667	728	788	910	970	970	1152	1212				
40 聖隷三方原 尾張町 浜松駅	2019-07-03 08:44:54	61	122	183	243	303	364	425	546	606	667	728	788	849	970	1091	1153			
44 金指 聖隷三方原 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 08:50:58	61	121	242	303	303	364	485	666	727	789	849	911	1032	1093	1154	1215			
40 聖隷三方原 尾張町 浜松駅	2019-07-03 09:01:04	121	183	243	305	305	366	548	730	730	851	851	912	973	1034	1094	1155			
41 葵町 高丘 ゆりの木通り 浜松駅	2019-07-03 09:06:09	61	121	121	182	243	243	304	425	485	546	607	729	789	789	911	973			

外的変化の少ない  
直近のデータの平均で  
各区間の所要時間の予想

## 直近って？

### 検証

- ・ 直近**15,30,45,60**分間のデータ収集時間で最も少ない誤差は？
- ・ **異なる状況下**での誤差の違いは？  
(データカテゴリ)

## データカテゴリ

曜日	時間帯	天候
1.休日	1.8:00~9:00	1.雨
2.金曜日	2.11:30~12:30	2.雨以外
3.平日	3.17:00~18:00	
	0.それ以外の時刻	

以上のように分類した

約**2,700**状況下で

**15,30,45,60**分間の

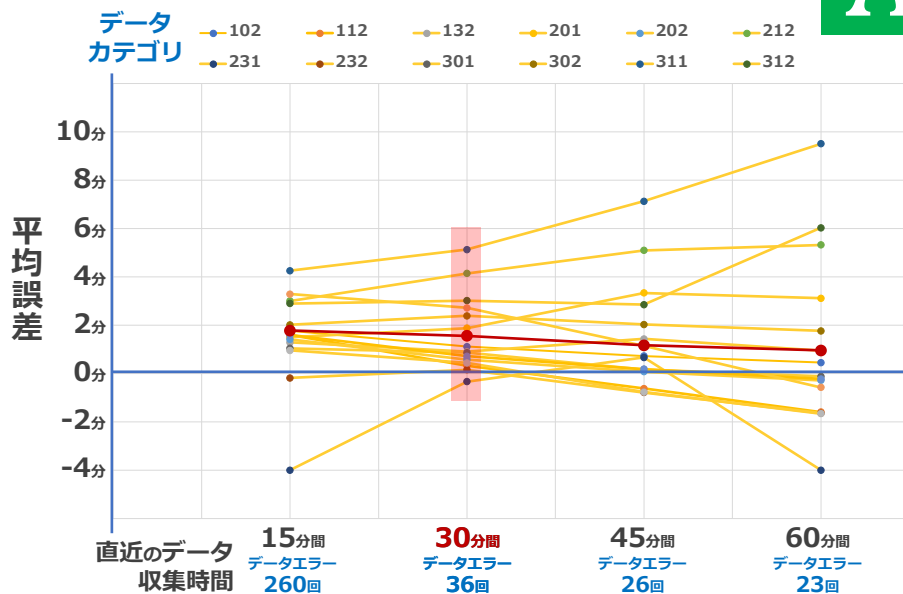
約**11,000**件

収集時間での**誤差**の平均を検証

37

## 直近のデータ収集時間と誤差の関係

A



38

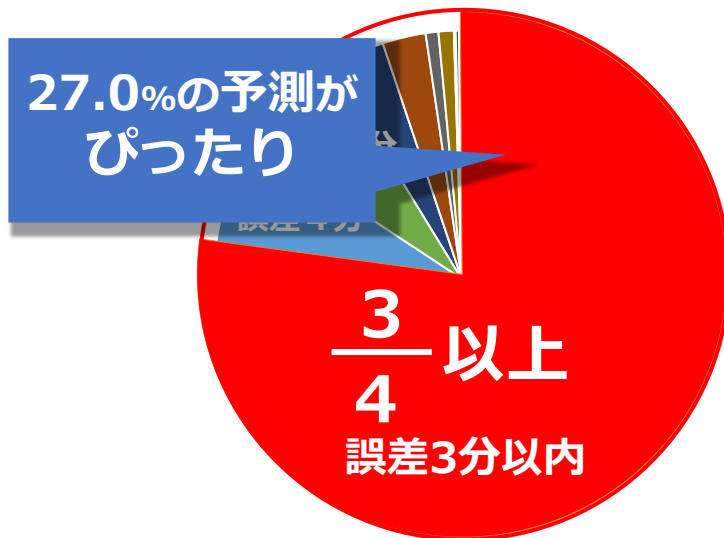
## 結果 その2

category	busID	leaveTime	約5km	約1km	実測値
			出発地予想	中間地予想	
312	3	2019-07-11 08:38:39	09:08	09:01	08:59
302	3	2019-07-11 16:44:26	17:08	17:10	17:10
102	3	2019-07-13 10:33:28	10:57	10:56	10:55
302	3	2019-07-15 15:10:52	15:30	15:31	15:32
102	3	2019-07-20 07:52:48	08:09	08:10	08:10
102	3	2019-07-21 07:45:35	08:03	08:02	08:01
302	3	2019-07-22 06:37:19	06:53	06:53	06:53
312	3	2019-07-22 08:34:42	08:57	08:58	08:59
302	3	2019-07-22 16:41:50	17:06	17:02	17:01
312	3	2019-07-23 08:39:21	09:09	09:00	08:59
302	3	2019-07-23 16:43:29	17:02	17:06	17:06
302	3	2019-07-24 07:37:50	07:59	07:59	07:58
302	3	2019-07-24 16:08:46	16:33	16:31	16:30
302	3	2019-07-25 07:35:03	07:55	07:56	07:57
302	3	2019-07-25 16:10:25	16:38	16:36	16:37
202	9	2019-07-05 13:10:44	13:31	13:29	13:30



39

## 各誤差の占める割合



■ 0 ■ 1 ■ 2 ■ 3 ■ 4 ■ 5 ■ 6 ■ 7 ■ 8 ■ 9 ■ 10 ■ 11 ■ 12



40



## 各誤差の占める割合

A



■ 0 ■ 1 ■ 2 ■ 3 ■ 4 ■ 5 ■ 6 ■ 7 ■ 8 ■ 9 ■ 10 ■ 11 ■ 12

41

ありがとうございました  
遠鉄システムサービス  
株式会社 様

42

## 参考文献

- 「Cによる探索プログラミング」  
- 伊庭 斉志[著] オーム社
- 「進化型計算」  
[http://www.sist.ac.jp/~kanakubo/research/evolutionary\\_computing.html](http://www.sist.ac.jp/~kanakubo/research/evolutionary_computing.html)
- 「実践的Web開発メソッド」  
<https://blog.hiroyuki90.com/articles/php-scraping/>
- 「MySQL5.6 リファレンスマニュアル」  
<https://dev.mysql.com/doc/refman/5.6/ja/>

43



44