

GAを用いた 都市間鉄道網計画策定支援システムの開発



波床 正敏
(大阪産業大学)

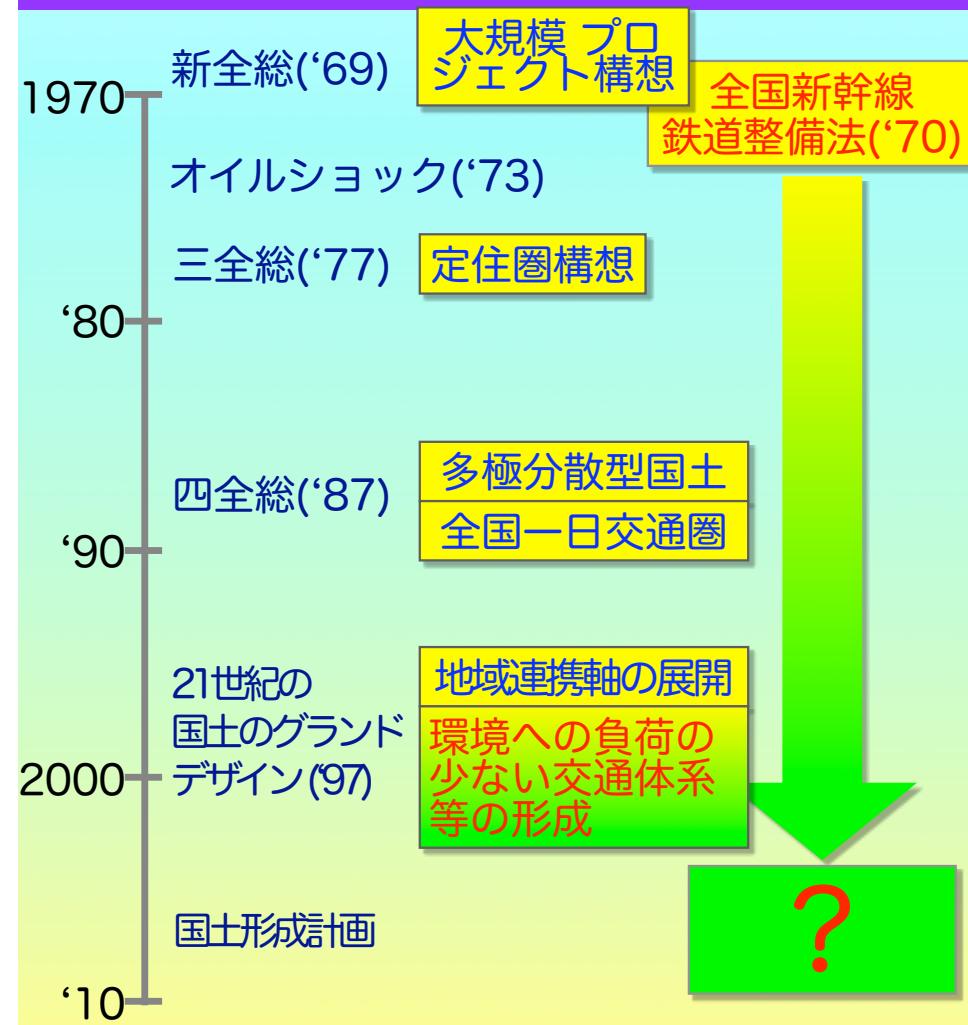
&

中川 大
(京都大学大学院)

1.はじめに



● 国土計画における幹線鉄道計画の位置づけ

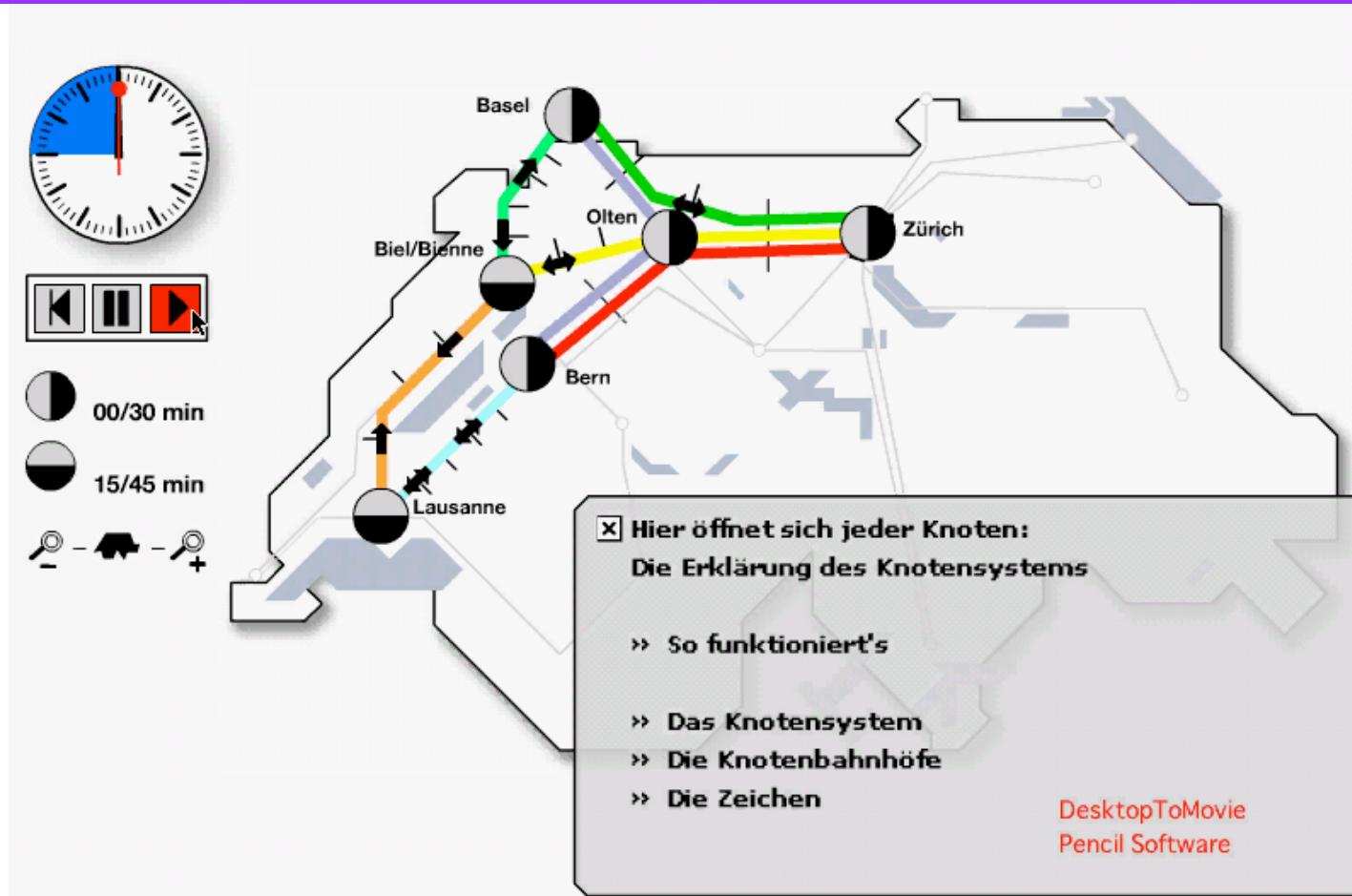


2. 都市間鉄道網の特徴

3. スイスの都市間鉄道政策Rail2000



★ Rail 2000プロジェクト



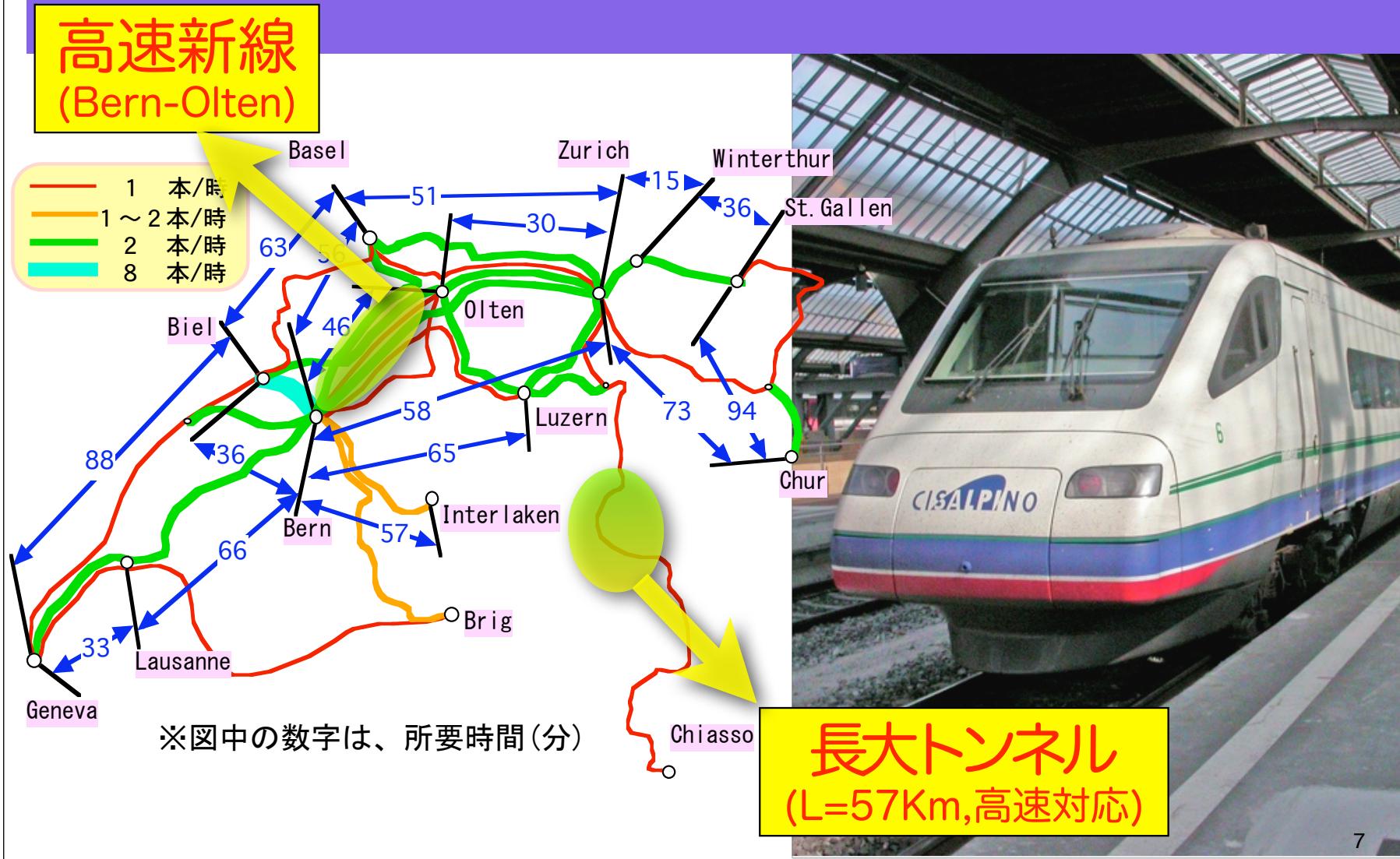
★ 乗継ぎ利便性向上策

表2 Bern 駅における正午前後の乗継ぎ状況 ('05)

列車番号	始発方面	着	直通	発	行先方面
AM	Biel	11:48	//		
EC90	Brig	11:51	→	12:04	Basel
RE3220	Olten	11:53	//		
	Neuchatel	11:54	//		
IC923	Interlaken	11:54	→	12:02	Zurich
IC2523	Geneva/Lausanne	11:56	→	12:00	Luzern
IC969	Basel	11:56	→	12:06	Interlaken
IC820	Zurich	11:58	→	12:09	Brig
IC2520	Luzern	12:00	→	12:04	Lausanne/Geneva
	Biel	12:00	//		
			//	12:00	Biel
RE3223			//	12:06	Olten
			//	12:06	Neuchatel
			//	12:12	Biel



★ 高速運行可能な新線建設



研究の背景

- 駅間所要時間
 - 運行頻度
 - 発車のタイミング
- （
- 少ない費用で最大の効果？
 - 日本の幹線鉄道計画への導入可能性

分析ツール
ほしい



4. 乗継ぎを考慮した都市間鉄道網の条件



■ どこでも便利に乗り継ぐための幾何的条件

- 閉ループを形成しないネットワークの場合
 - ▶ 周期だけあわせる（集合時刻を決める）

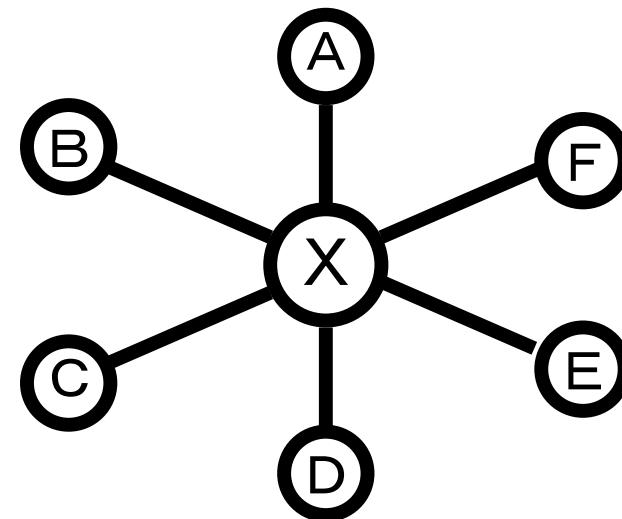


図 5 閉ループを持たないネットワーク

■ どこでも便利に乗り継ぐための幾何的条件

● 閉ループのあるネットワークの場合

▶ 1周しても乗継げるようにする

▶ つまり、1周の時間は周期の整数倍

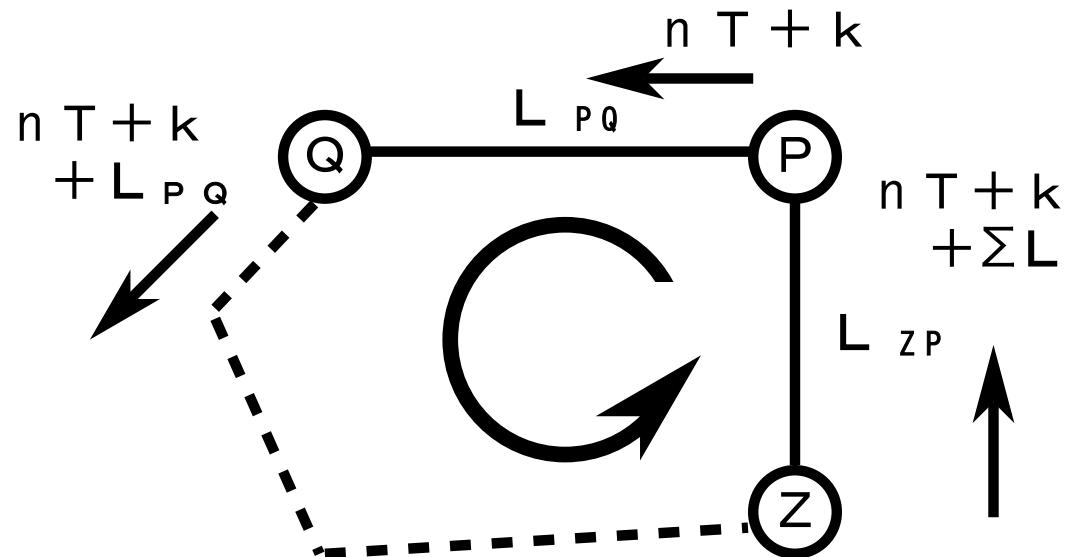


図6 閉ループを持つネットワーク

■ どこでも便利に乗り継ぐための幾何的条件

●複数の交通結節点を持つネットワーク

▶ 各交通結節点(X,Y) : 集合時刻 t_x, t_y

▶ XY間の所要時間と集合時刻の関係

$$\triangleright t_y = t_x + L_{xy}$$

$$\triangleright t_x = t_y + L_{yx}$$

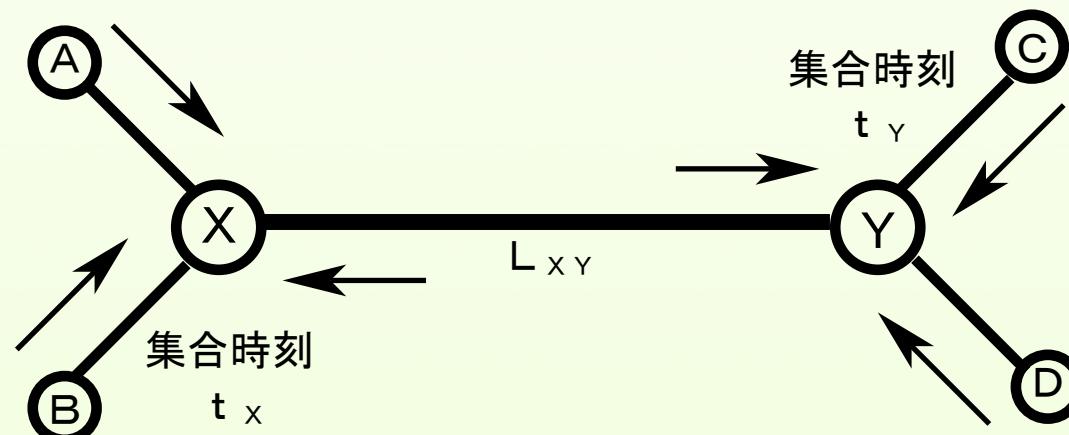


図 7 交通結節点間のリンク長の条件

■ どこでも便利に乗り継ぐための幾何的条件



- ▶ 往復しても乗継げるようにする
 - ▶ $t_Y = t_X + L_{XY}$
- ▶ つまり、往復の時間は周期の整数倍
 - ▶ $t_X = t_Y + L_{YX}$

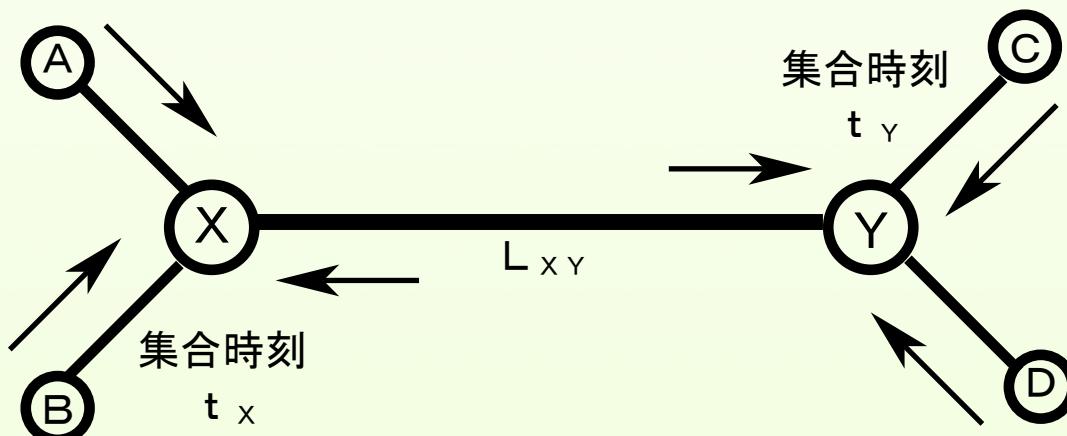


図 7 交通結節点間のリンク長の条件

実際のネットワーク

理論的には、なんだけれども. . .



- ❖ 運行頻度が路線により異なる
- ❖ 新幹線：乗り継ぎのための長時間停車難しい
- ❖ 交通結節点間が非常に短い場合
- ❖ 費用制約



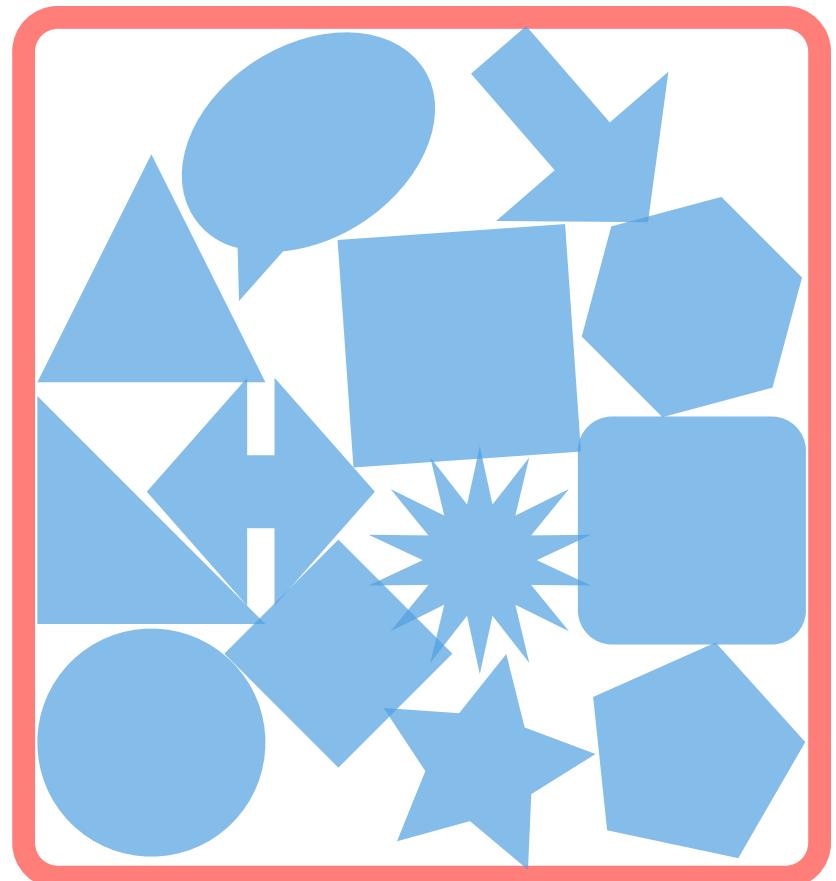
理想的なネットワークを構築するのは難しい

5. 支援システムの概要

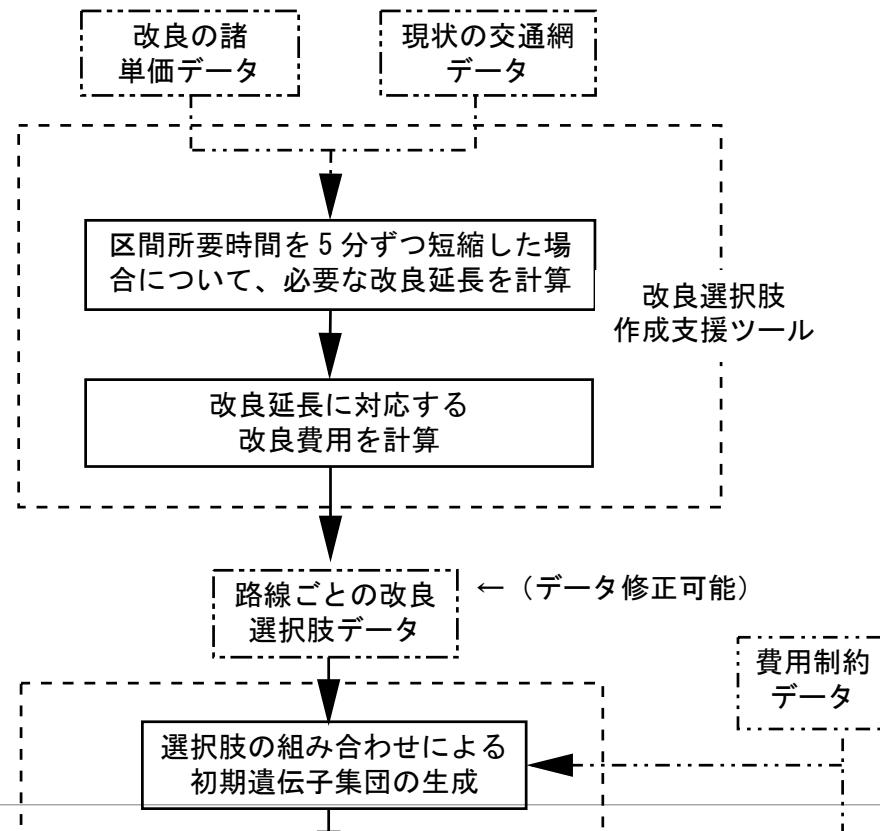


支援システムの概要：目的

- 改良の総費用を設定する
- 改良・建設選択肢の組合せ
- 出発時刻を5分刻みで調整
- 総所要時間 を最小化
 - (旅客純流動量×期待所要時間)
- ナップサック問題
- 遺伝的アルゴリズム



支援システムの概要：全体構成



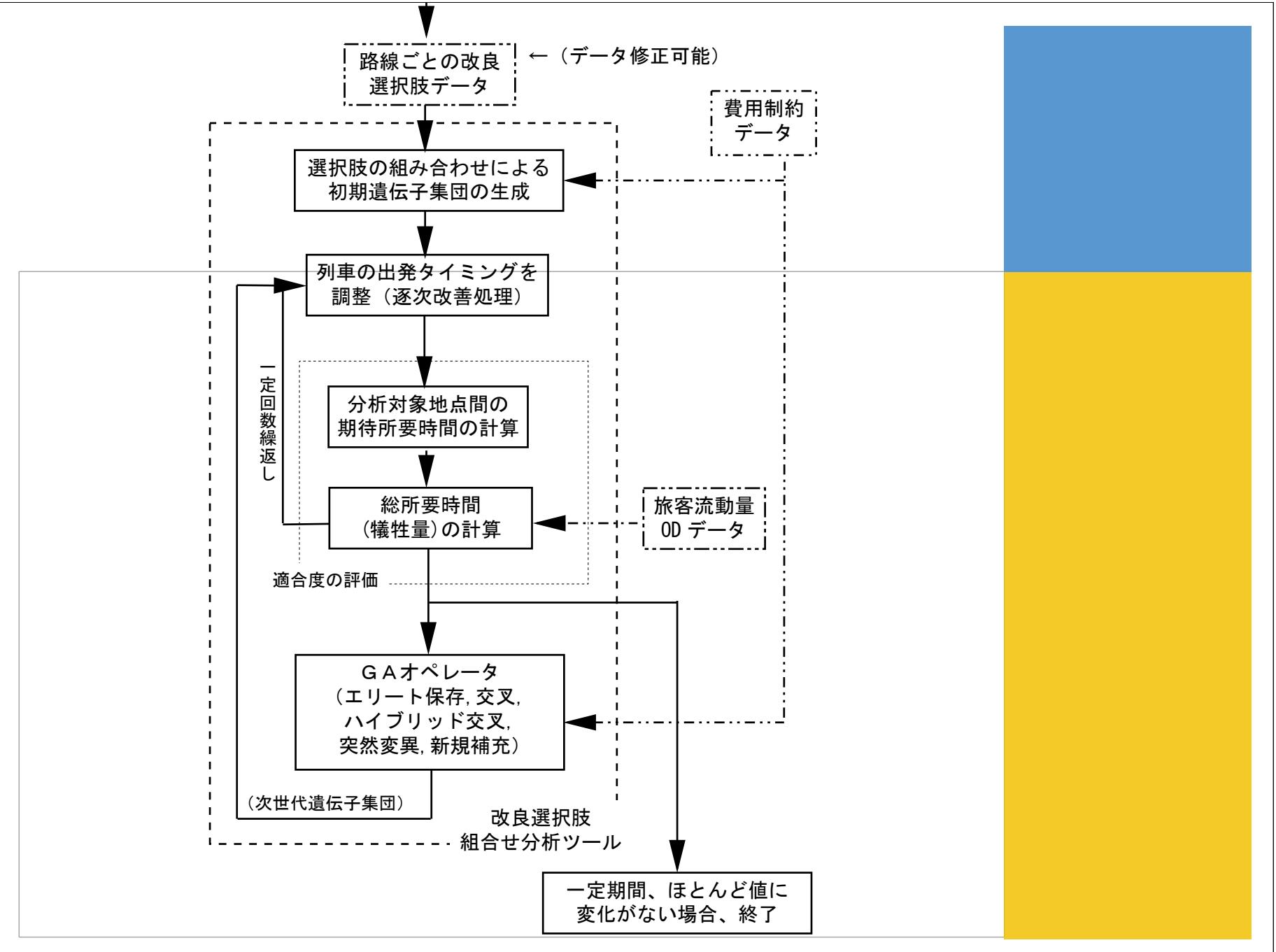
キロあたり路線改良単価設定

↑
在来線
改良
↓
新線建設
↑
新幹線
改良
↓

	億円 /Km	平均速度 (Km/h)	備考
複線化	3.00	—	160Km/h 運転の場合必須
電化	2.00	—	160Km/h 運転の場合必須
130Km/h 単線	0.52	90	元路線表定速度 90Km/h 未満区間
130Km/h 複線	0.80	100	元路線表定速度 90Km/h 未満区間
160Km/h 運転	7.10	112	元路線表定速度 90Km/h 以上の場合
160Km/h 新線	40.00	128	スーパー特急相当 [改良長 20Km 以上]
260Km/h 新線	70.00	208	フル規格整備新幹線相当 [20Km 以上]
300Km/h 運転	1.60	240	九州新幹線で、区間長 20Km 以上
320Km/h 運転	2.40	256	〃
350Km/h 運転	3.60	280	〃
320Km/h 運転	0.80	256	山陽新幹線で、区間長 20Km 以上
350Km/h 運転	2.00	280	〃

(例) 日豊線(大分-佐伯)の改良選択肢

番	分	億円	状態	改良長(km)	備考
1	54	0	単線電化	0	基本
2	50	12.6	〃	24.2	130Km/h 単線
3	45	28.3	〃	54.4	〃
4	40	229.3	複線電化	60.3	130Km/h 複線
5	35	2091.9	複線電化	52.3	160Km/h 新線
6	30	3090.6	複線電化	44.2	260Km/h 新線
7	25	3734.4	〃	53.3	〃
8	20	4378.3	〃	62.5	〃
9	19	4543.0	〃	64.9	〃



6.期待所要時間(EVTT)について

Abfahrt				Gleis	Bemerkungen	Linie	A
15.17	CIS	Itali...		10		S6	10
10.04	IR	Thalwil	Zug	3		S24	10
10.04	ICN	Aarau	Biel	Neuchâtel	Genève	12	
10.06	IR	Baden	Brugg	Aarau	Olten	Bern	17
10.07	IC	Flughafen	→	Winterthur	Romanshorn	10	
10.09	IR	Arth-Goldau		Bellinzona	Locarno	5	
10.10	ICN	Flughafen	→	Winterthur	St.Gallen	11	
10.12	IR	Ziegelbrücke		Sargans	Chur	8	
10.14	IR	Bülach		Schaffhausen		7	
10.30	ICN	Olten		Biel	Lausanne		
10.32	IC	Bern			Fribourg	13	LAUTSPRECHER-DURCHSAGEN BEACHTEN
10.34	IR	Lenzburg		Aarau	Basel		Information
10.35	IR	Thalwil		Zug	Luzern		STRECK
10.36	IR	Baden	Brugg	Basel			LAUSAN
10.37	ICN	Flughafen	→	Winterthur	Konstanz		

評価指標（適合度）： \sum 期待所要時間×幹線旅客純流動量

期待所要時間：乗り継ぎの利便性や速度などを総合的に反映

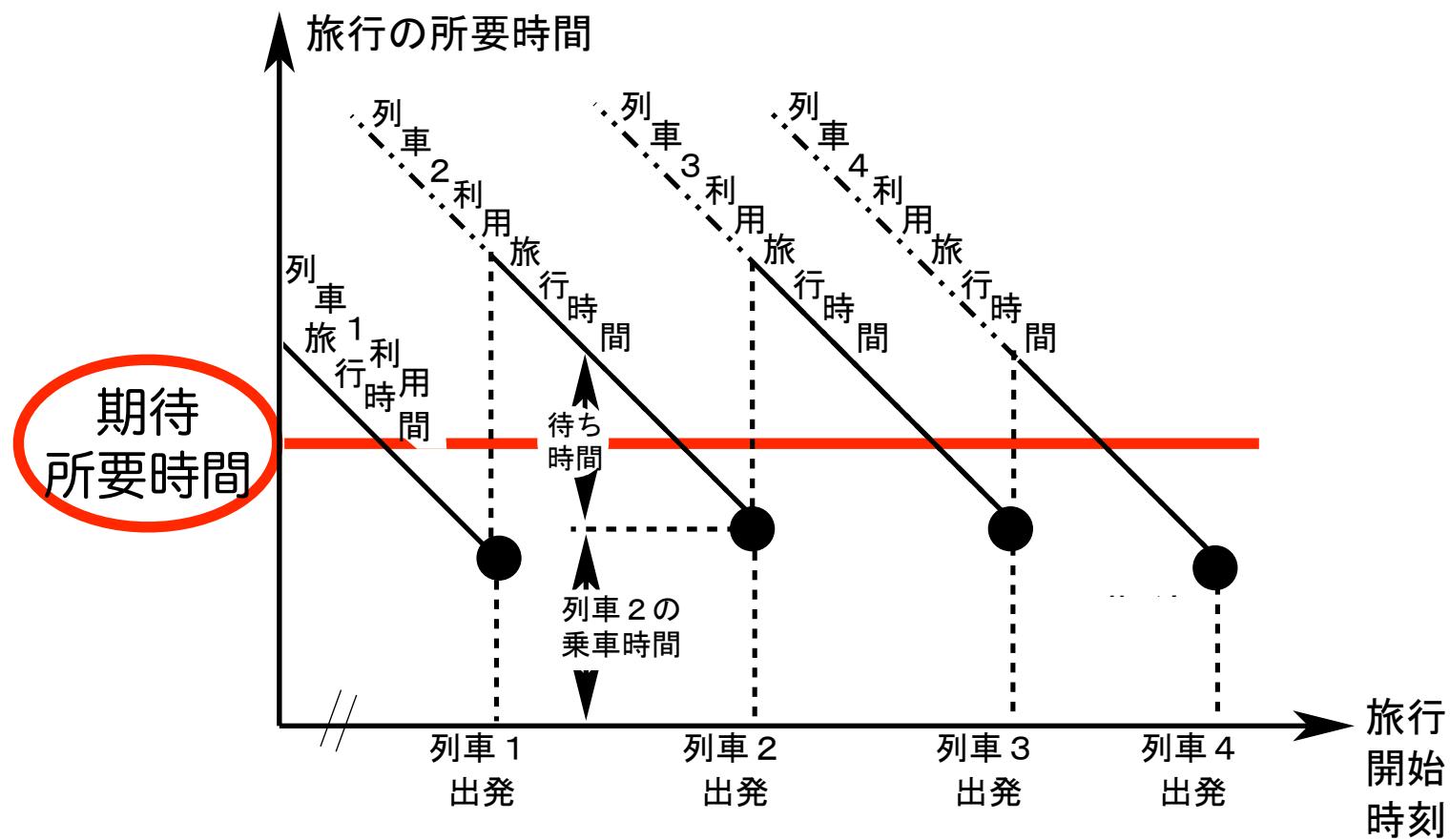


図 2 期待所要時間と実最短所要時間の考え方

参考 公共交通リンクの直列接続時の利便性

乗継ぎ待ち時間(分)

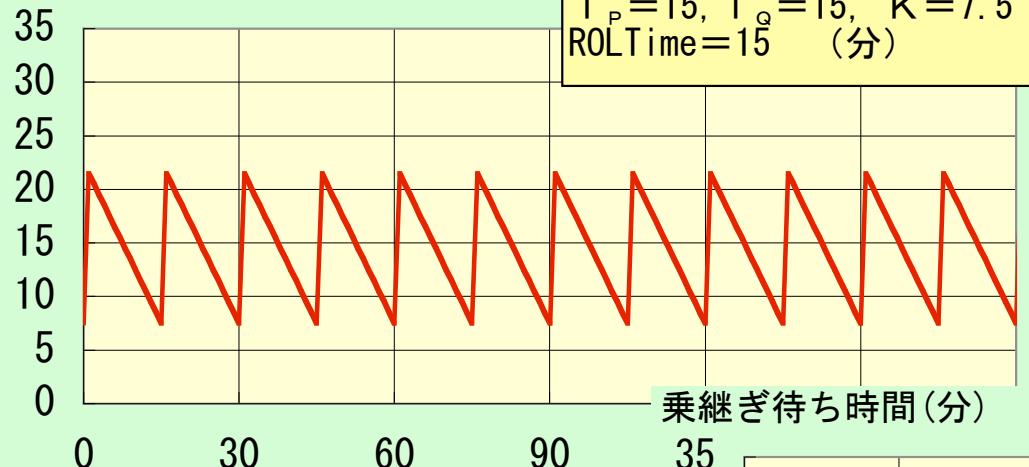


図3 $T_P = T_Q$ の場合の乗継ぎ待ち時間の変動

運行周期が異なる場合

乗継ぎ前後の運行周期が同じ

乗継ぎ待ち時間(分)

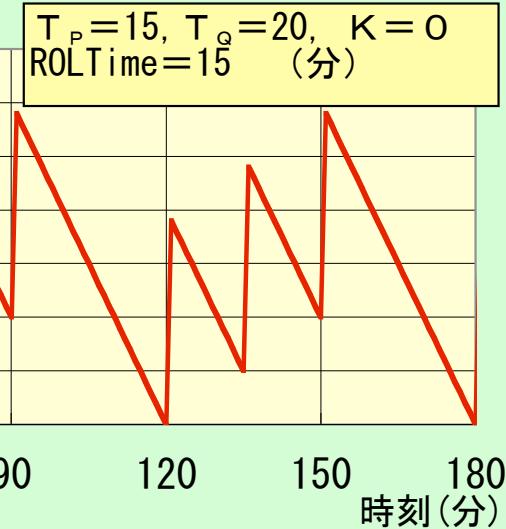


図4 $T_P \neq T_Q$ の場合の乗継ぎ待ち時間の変動

7.GAオペレータについて



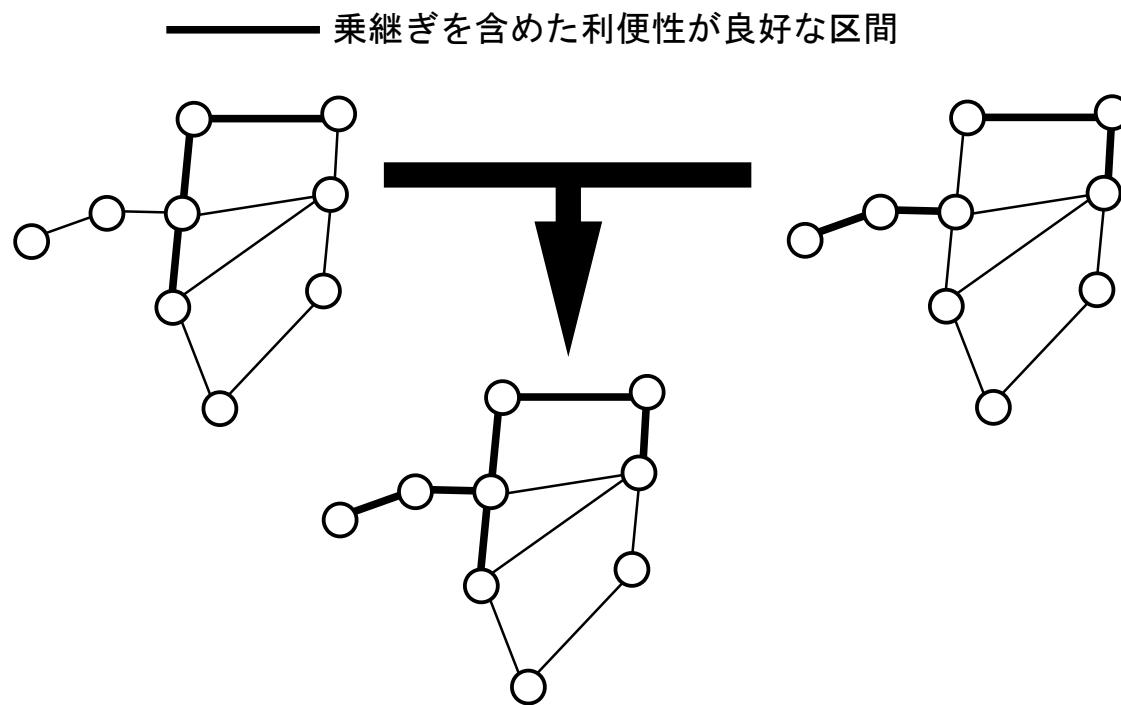


図-1-1 都市間鉄道網改善におけるスキーマ

親A	1	1	1	2	1	4	1	1	2
親B	1	1	2	1	1	2	1	2	3
↓									
新遺伝子	1	1	2	2	1	4	1	2	3

図-1-2 ハイブリッド交叉

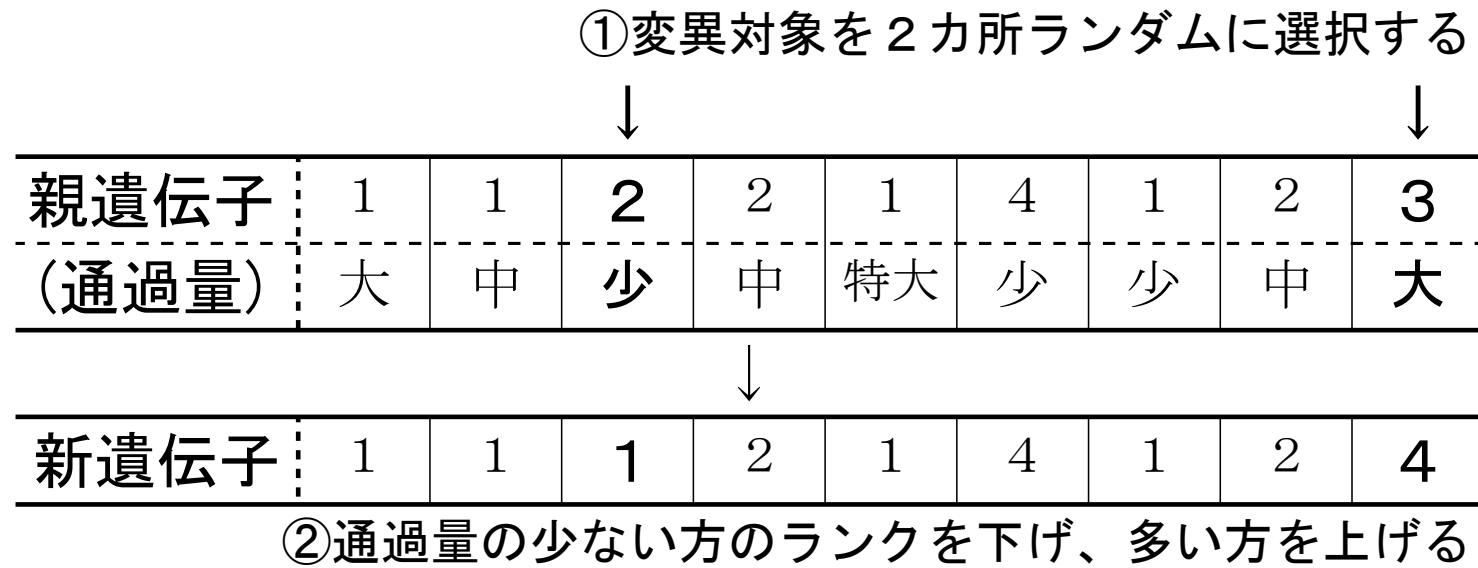


図-1 3 逐次改善型突然変異

8.局所解対策と計算の高速化



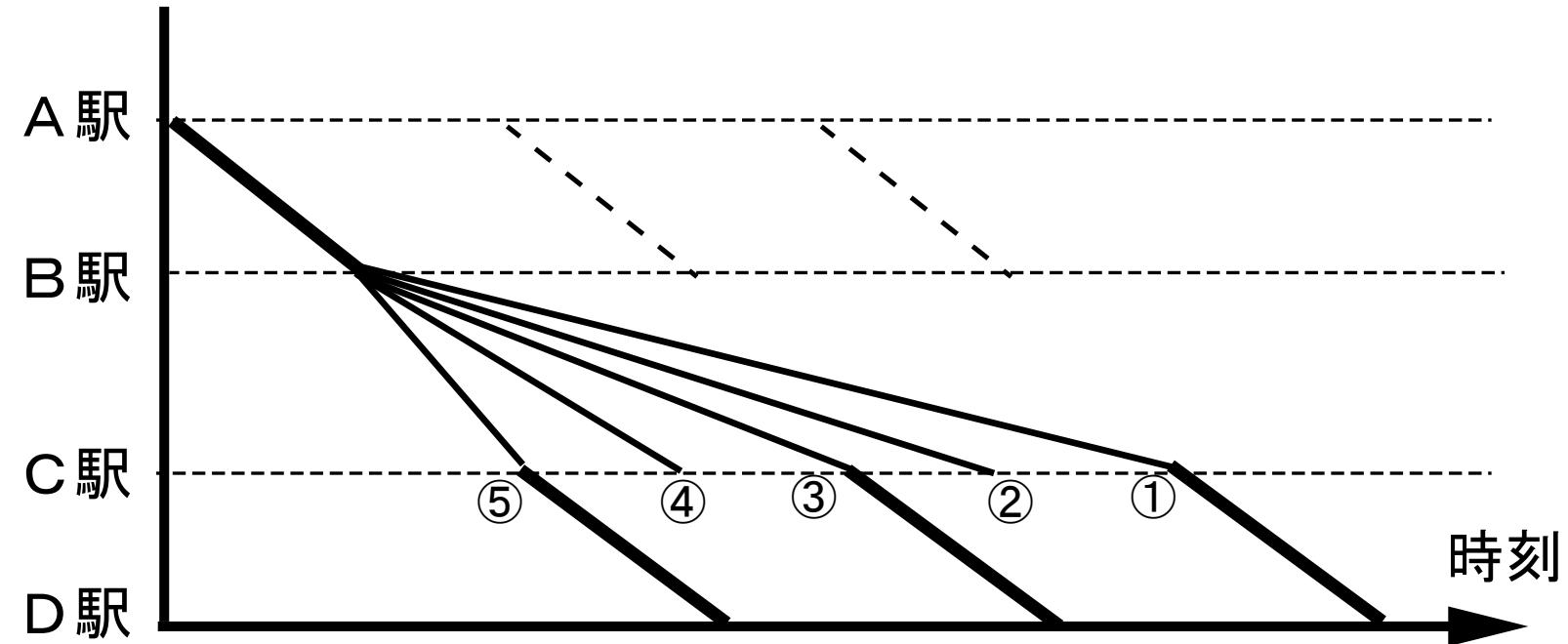


図-1 4 局所解の存在可能性について

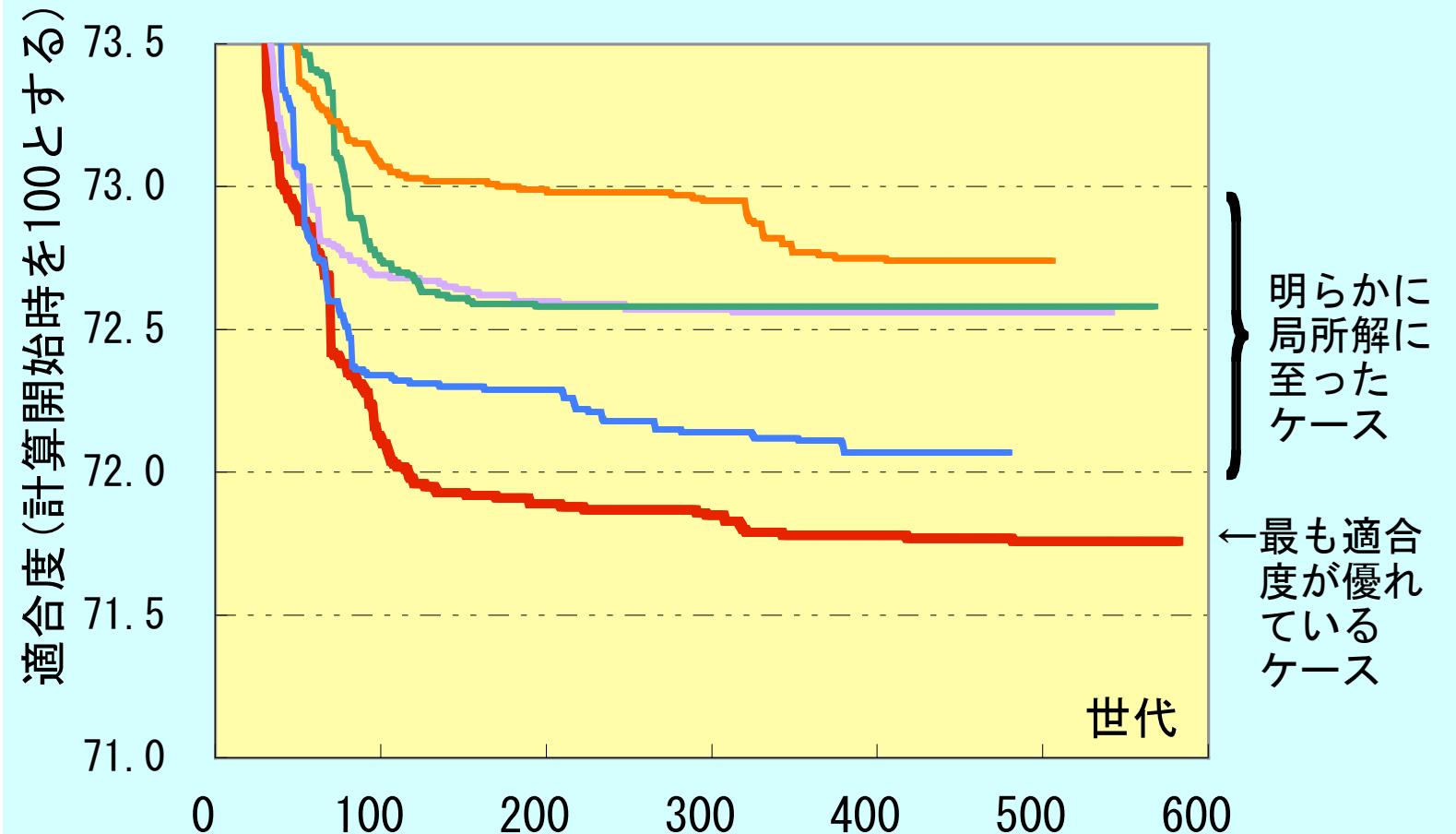


図-16 適合度の推移

局所解対策 & 計算高速化

- ❖ 多様性の確保
 - ◆ 遺伝子集団のサイズを大きく
 - ◆ 探索進行にあわせ、集団のサイズを小さく
- ❖ 類似する遺伝子が多数ある場合、適合度を小さく調整
- ❖ 逐次改善処理の程度調整
- ❖ 計算の高速化
 - ◆ データベース検索からパラメタを使った処理へ
 - ◆ 最小限の時間帯幅
 - ◆ 高速計算アルゴリズムの採用

9. 計算結果例と応用方法



表-4 主として使用した計算機の概要

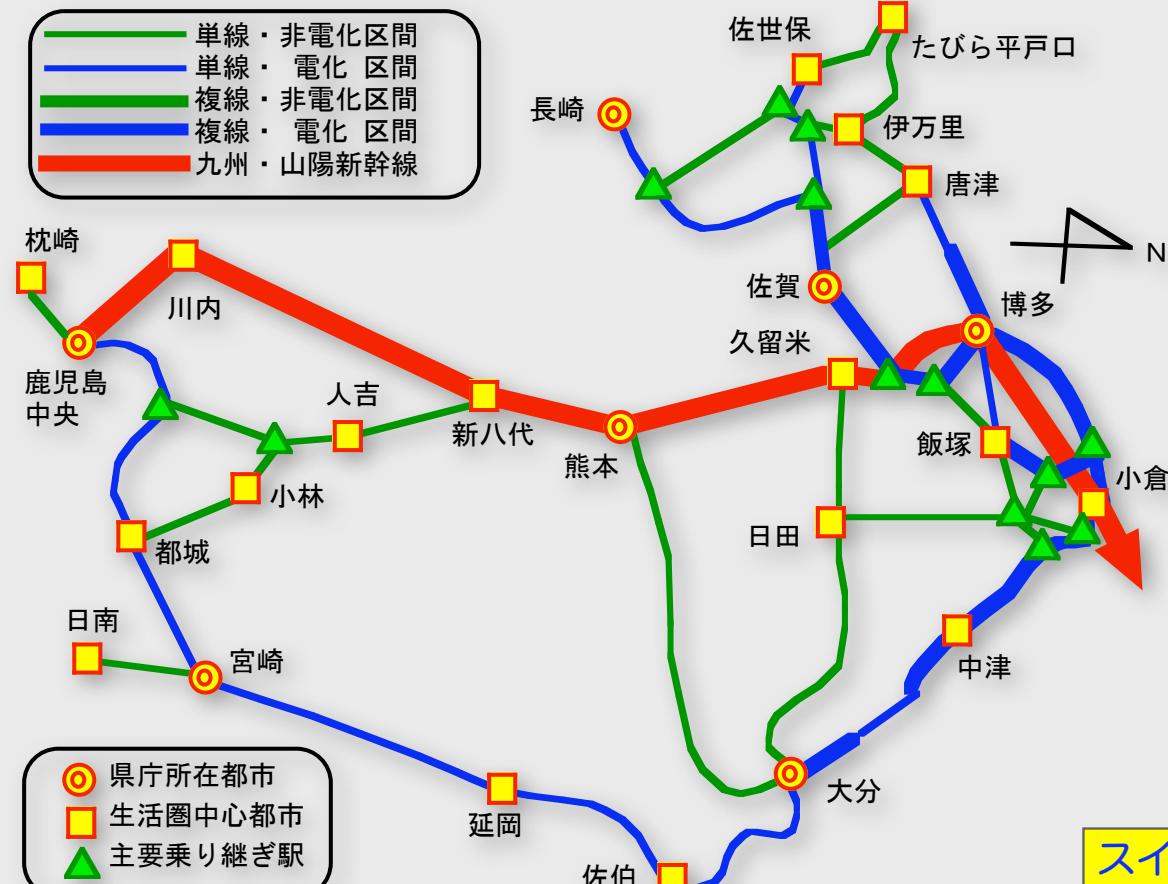
CPU	Intel Core 2 Duo 2.13GHz (E6400)
Memory	1 G Bytes うち、本システム使用分は約 160MB
OS	Windows Vista (64bit 版)
Compiler	Intel Visual Fortran 9.1 (64bit 版) Core 2 Duo に最適化

表-5 計算時の各種設定値

遺伝子集団個数	初期値 1000 個	最終値 100 個
遺伝子選択方法	トーナメント方式	サイズ 5
突然変異率	5%	
交叉率	70%	ハイブリッド交叉と二点交叉、ほぼ半数ずつ
エリート戦略	集団サイズの 1%	最低個数 1 個
終了条件	100 世代にわたって適合度の改善がないとき	

各費用制約に対して、5回ずつ計算して、ベストスコアを採用

分析対象都市(駅名) 鉄道ネットワーク



乗り継ぎ

新幹線相互：5分

在来線相互：5分

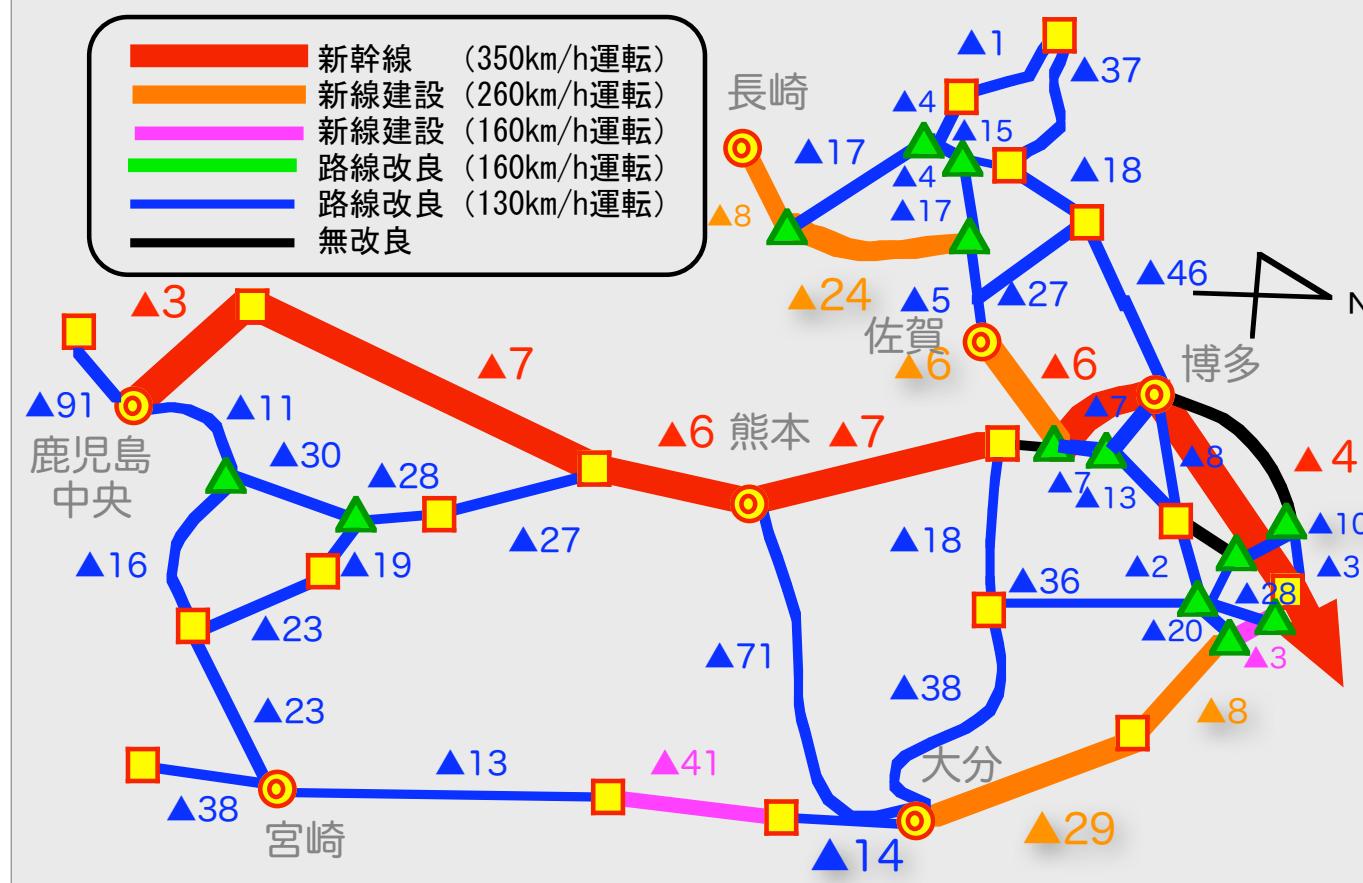
新幹線と

在来線：7分

スイスと同程度の面積

費用制約：2兆5,000億円の場合 九州幹線鉄道ネットワーク

GAによる
計算結果



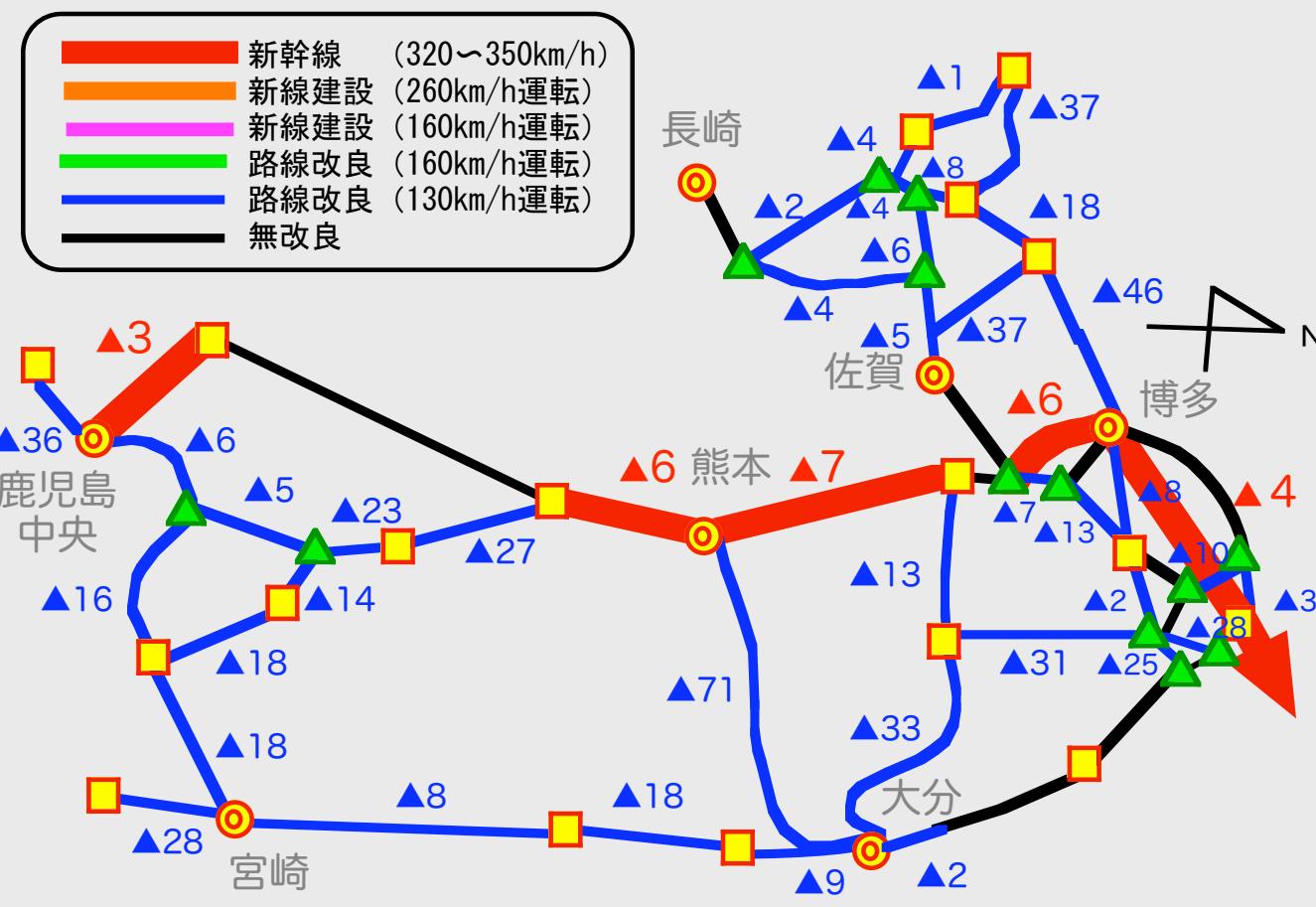
整備費用：
24,995億円

時間短縮：
12,658億円
@ 69.4円/分

差引便益：
▲12,337億円

費用制約：1,500億円の場合 九州幹線鉄道ネットワーク

GAによる
計算結果

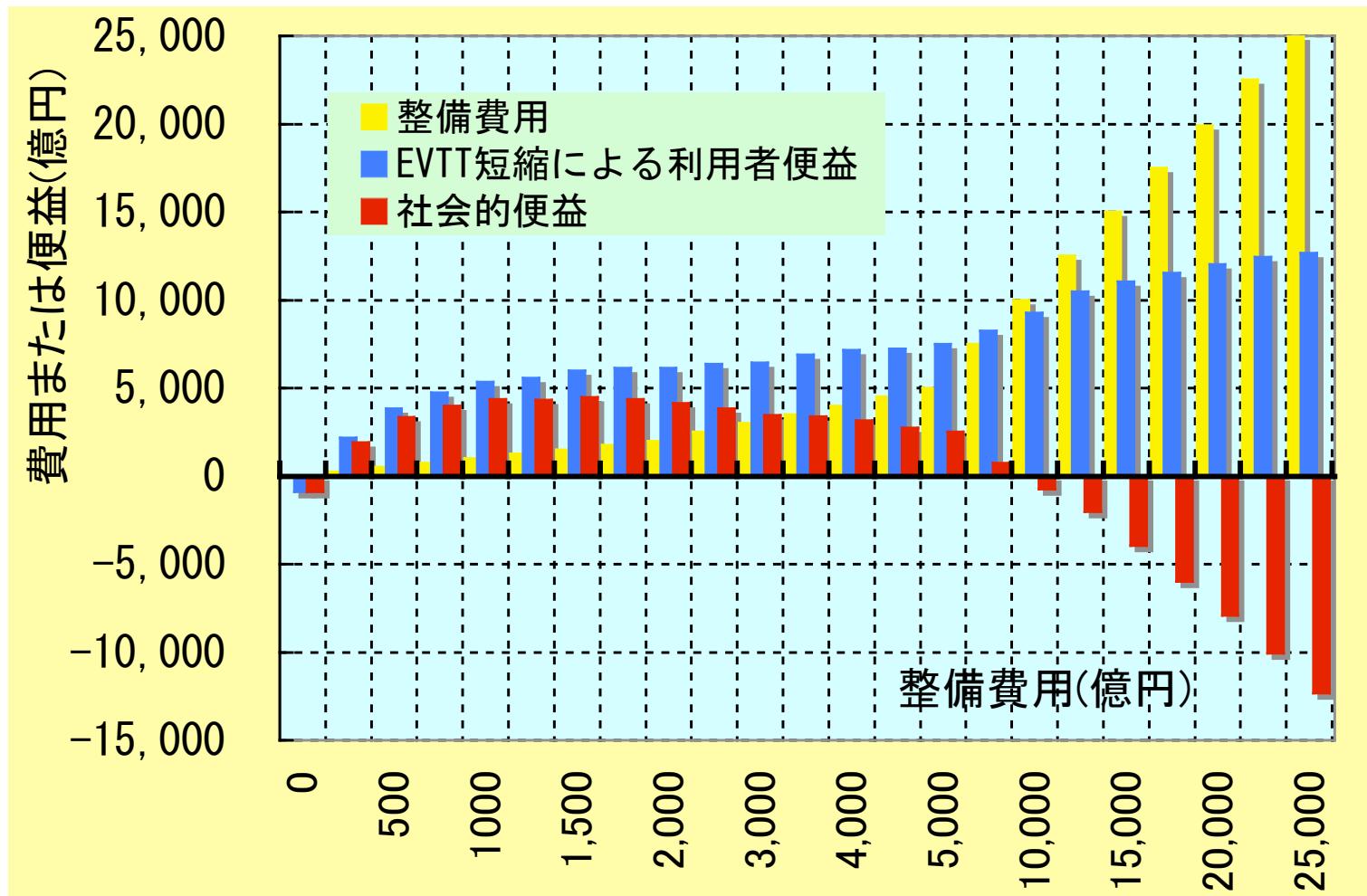


整備費用：
1,493億円

時間短縮：
5,967億円
@ 69.4円/分

差引便益：
+ 4,474億円

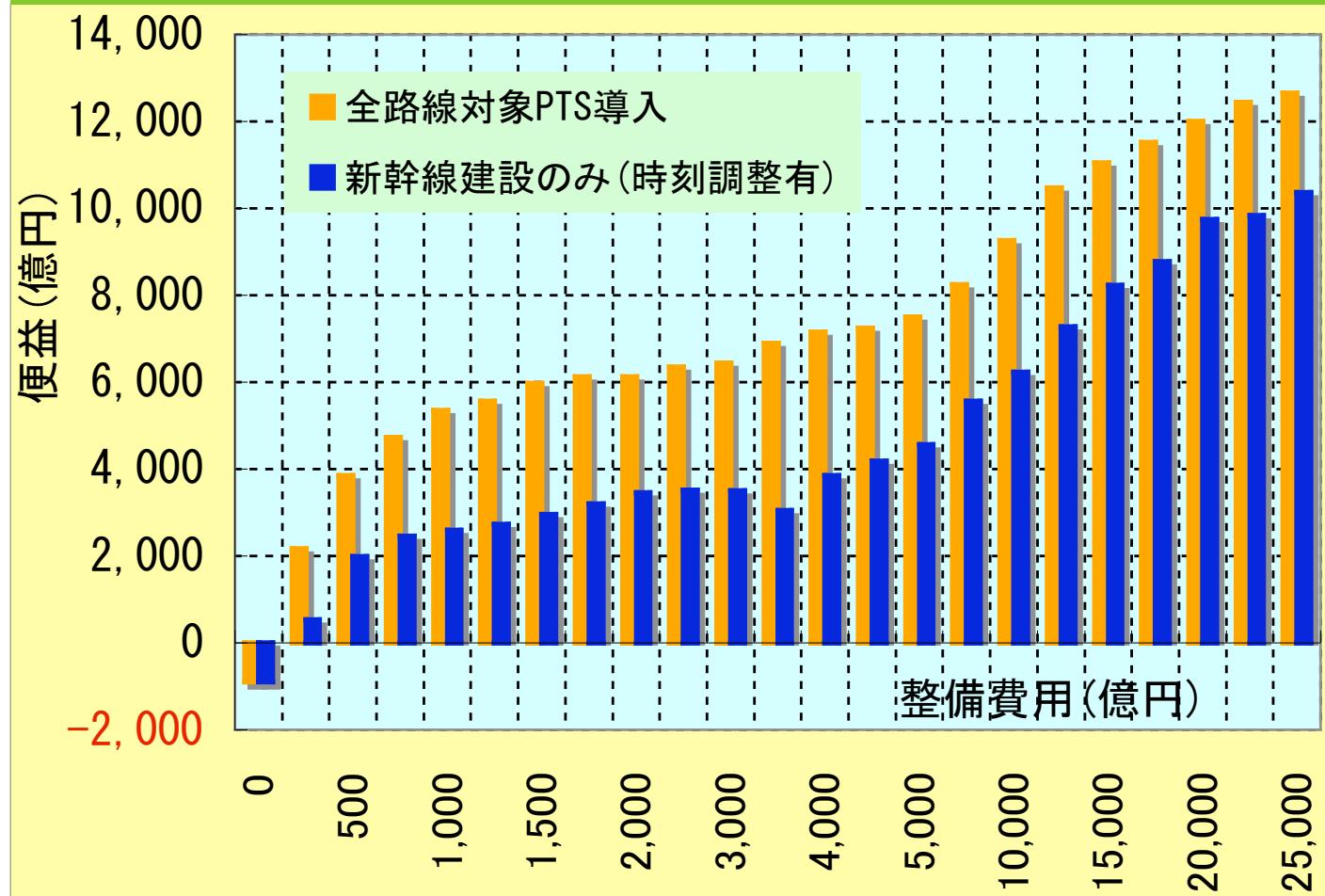
計算結果：費用制約と便益



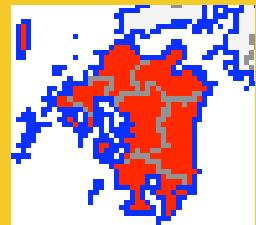
10.研究のまとめと今後の展望



- ① 整備方法の違いが与える影響
- ② 全国規模を対象とした調査 など



途中
経過



課題

- 工事単価
 - 一定を仮定したが、実際は異なる (データ整備の問題)
- ダイヤ
 - 等時隔運転でない場合 & 速達列車の存在
- 全国的な分析
 - 計算に時間がかかりすぎ (最重要課題!)

GAを用いた 都市間鉄道網計画策定支援システムの開発



波床 正敏
(大阪産業大学)

&

中川 大
(京都大学大学院)