

全国高速道路網の段階的整備のあり方 - ネットワーク・シミュレーションによる評価

-

2002年4月4日

京都大学大学院工学研究科

教授 青山 吉隆



1. 研究の背景と目的



研究の背景

道路ネットワークの評価

- 誘発交通量の発生
- ネットワークの外部性
- 長期間 にわたる整備
- 社会的割引率の存在

静的優先順位, 動的優先順位
短期的最適化, 長期的最適化



段階整備プロセスの考慮が必要



全国高速道路ネットワークの評価

◆ 評価の視点

- 採算性
(ex. 償還期間内に返済可能か否か)
- 社会的必要性
(ex.費用便益比)
- 国土の均衡ある発展
(ex.インターチェンジ30分圏内人口)
- 長期的評価, 短期的評価
(ネットワーク全体の評価, 個々のプロジェクトの評価)



研究の目的

◆ 全国高速道路網の段階的整備のあり方を検討

● いつ, どれを, どこまで整備すべきか?

◆ この問に答えを出すための考え方を提案し試算



2. 段階的整備プロセスの評価基準



評価基準

.総純便益基準

(Long-Range Social Benefit Criterion : LSC)

.費用便益比基準

(Short-Range Social Benefit Criterion : SSC)

.長期採算性基準

(Long-Range Profitability Criterion : LPC)

.短期採算性基準

(Short-Range Profitability Criterion : SPC)

.全プロジェクト実施(費用便益比)

(Do Everything : DE (SSC))

.全プロジェクト実施(短期採算性)

(Do Everything : DE (SPC))

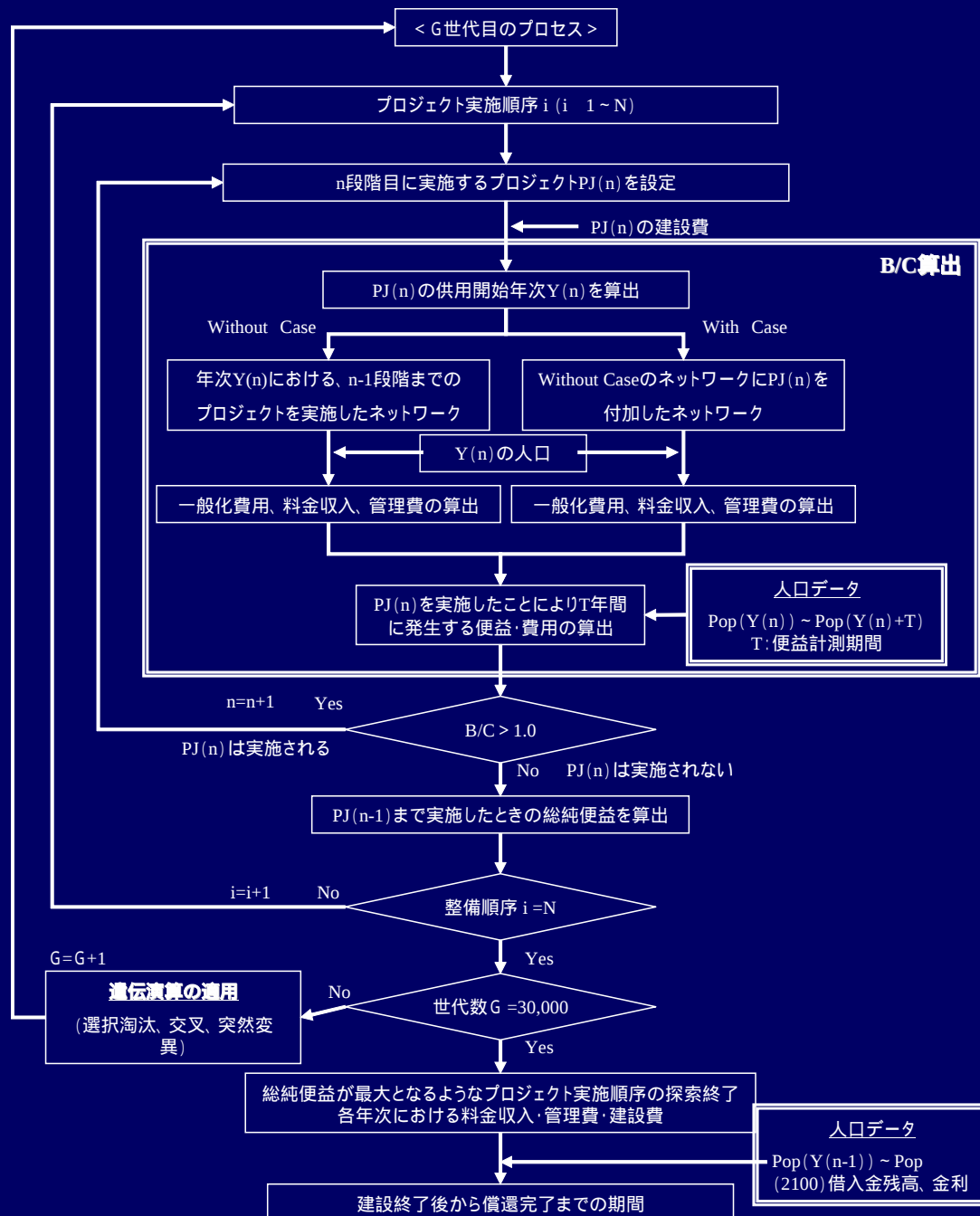
(● プロジェクト実施を凍結 (Do Nothing : DN))



総純便益基準

(Long-Range Social Benefit Criterion: LSC)

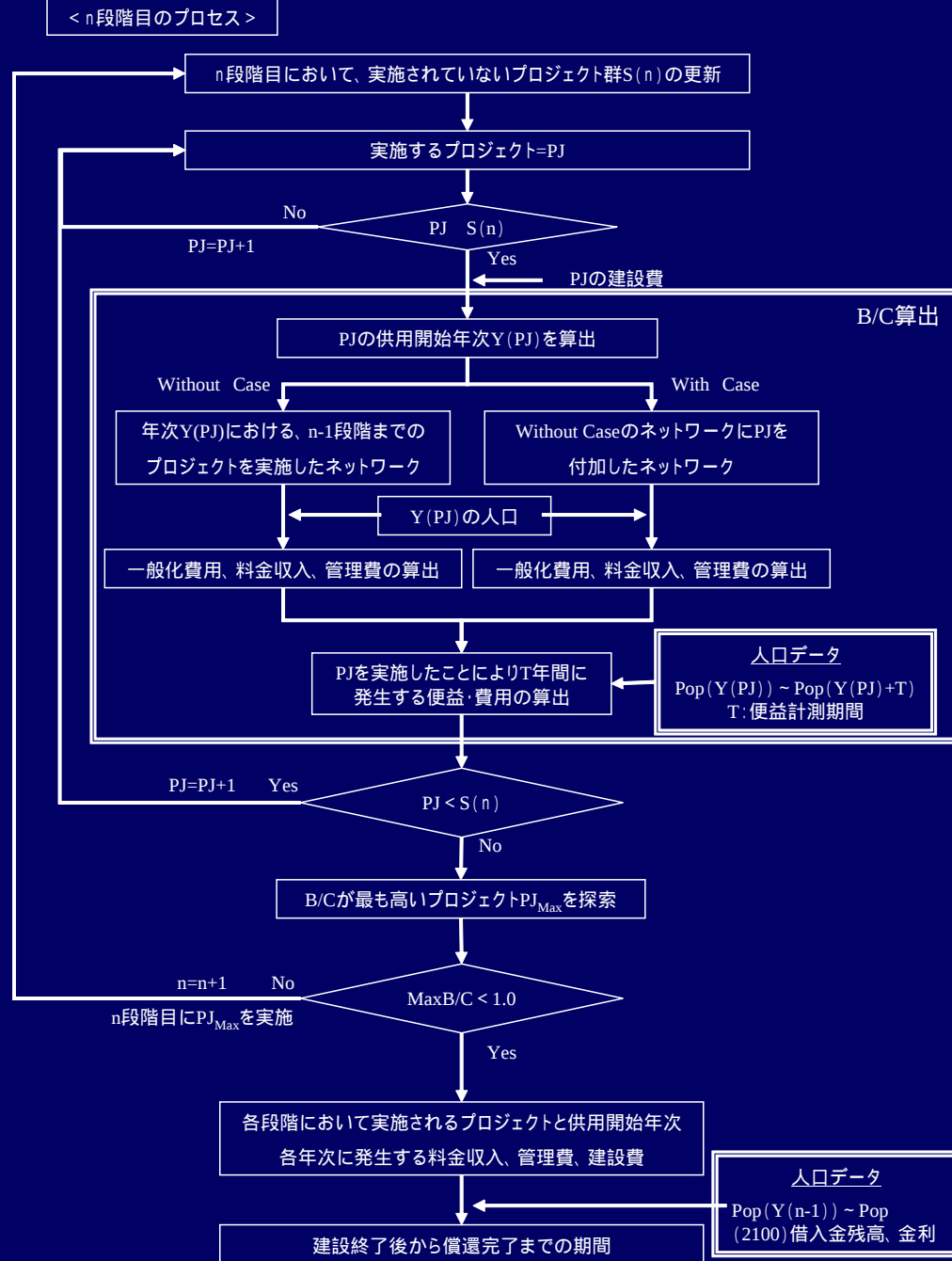
- 全プロジェクト完了時の総純便益 (Total Net Benefit: TNB) が最大となるようプロジェクトの実施時期を決定



費用便益比基準

(Short-Range Social Benefit
Criterion : SSC)

- 費用便益比 (B/C) が最も高いプロジェクトから実施

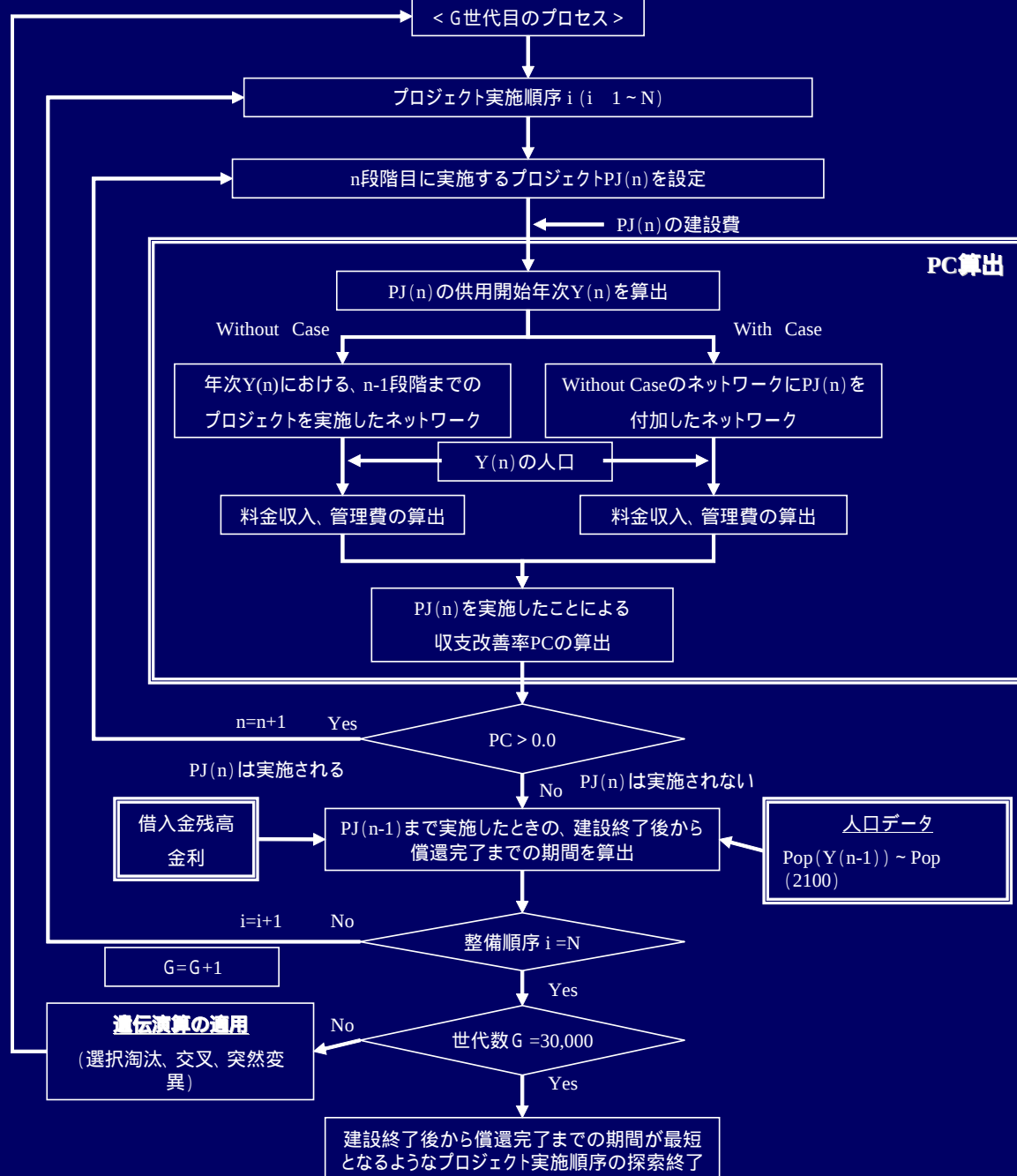


長期採算性基準

(Long-Range

Profitability Criterion : LPC)

- 全プロジェクト完了時点からの借入金償還期間が最短となるようプロジェクトの実施時期を決定

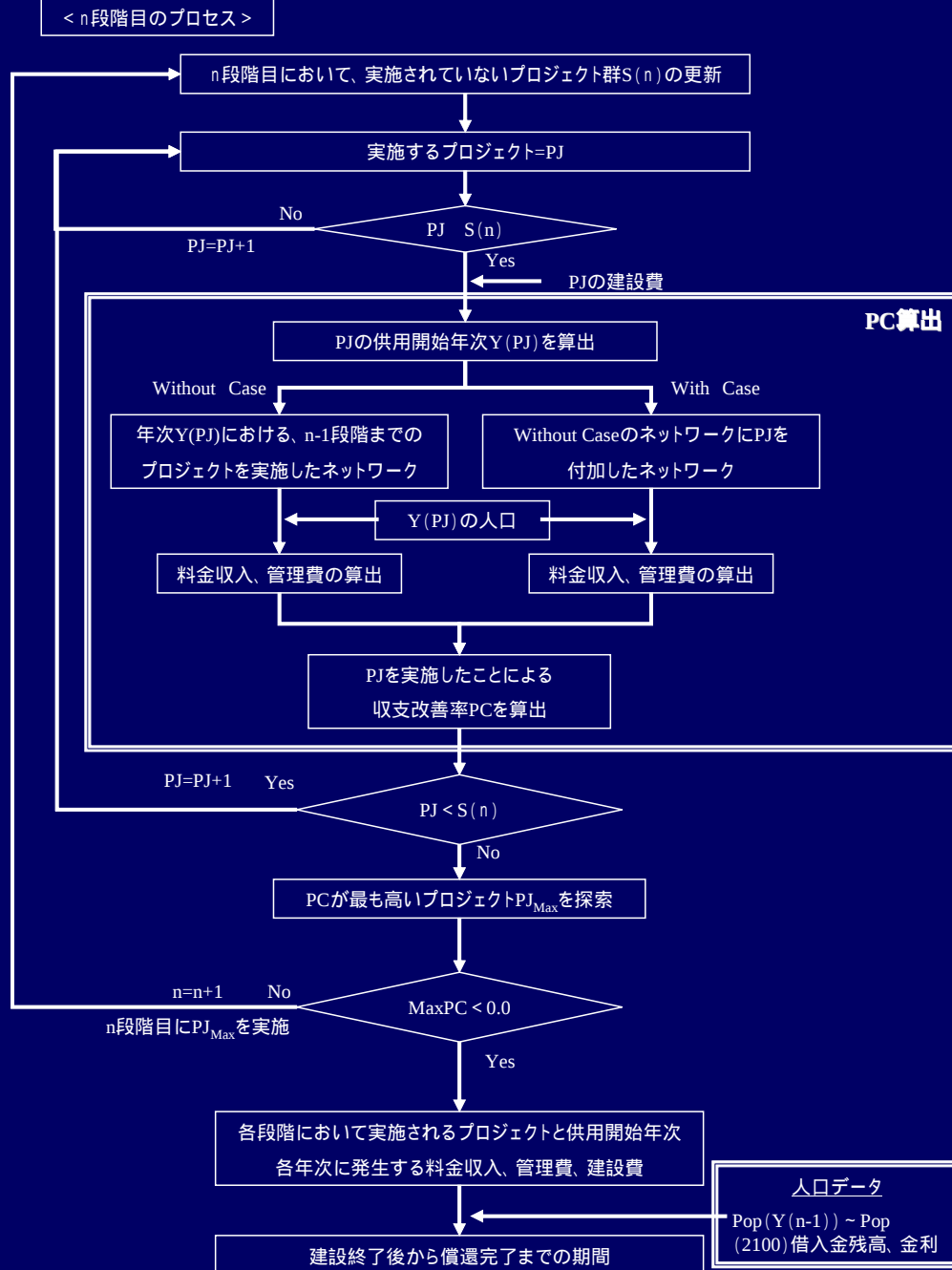


短期採算性基準

(Short-Range

Profitability Criterion : SPC)

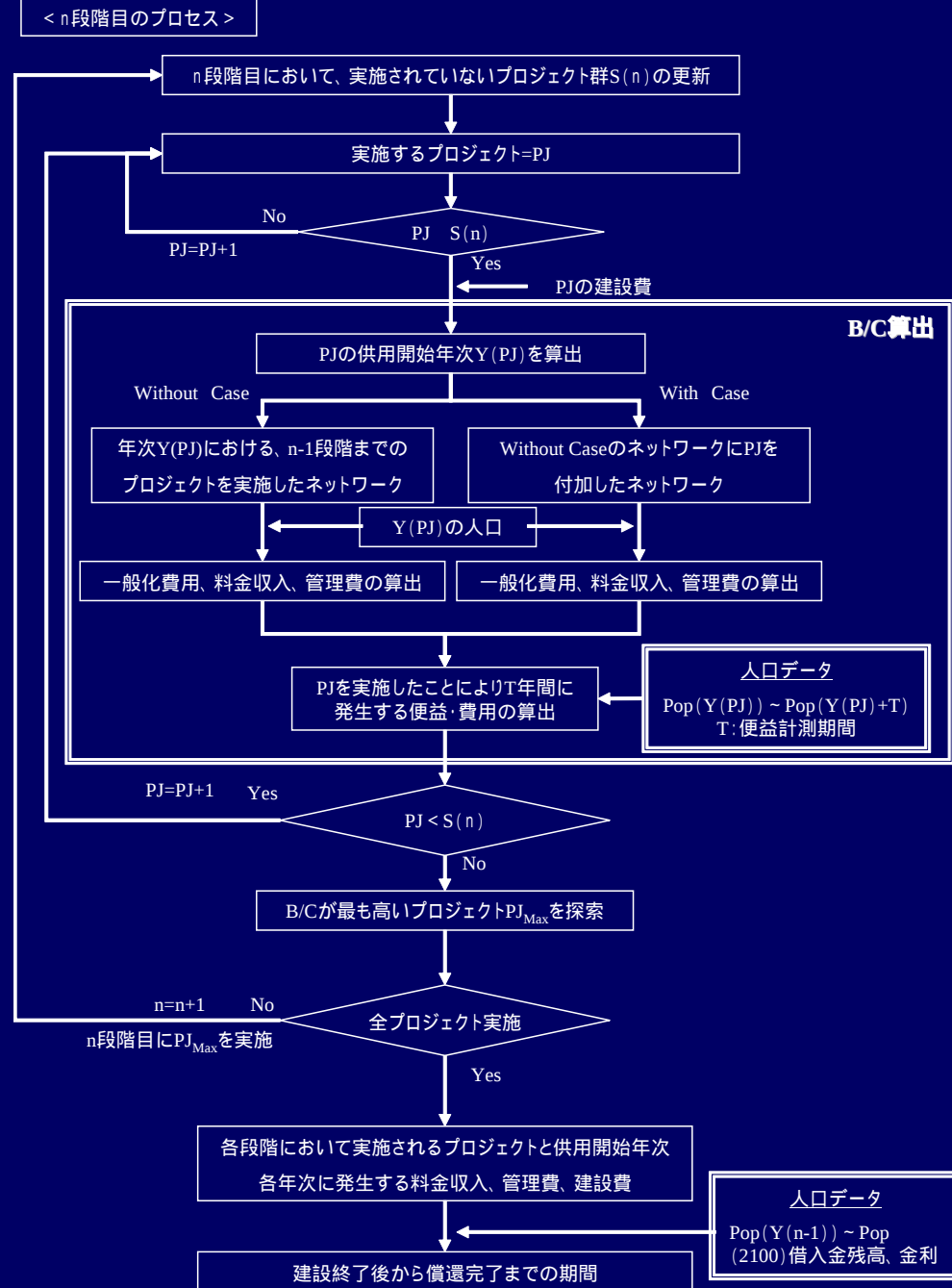
- 収益改善率が最も高いプロジェクトから実施



全プロジェクト実施(費用便益比)

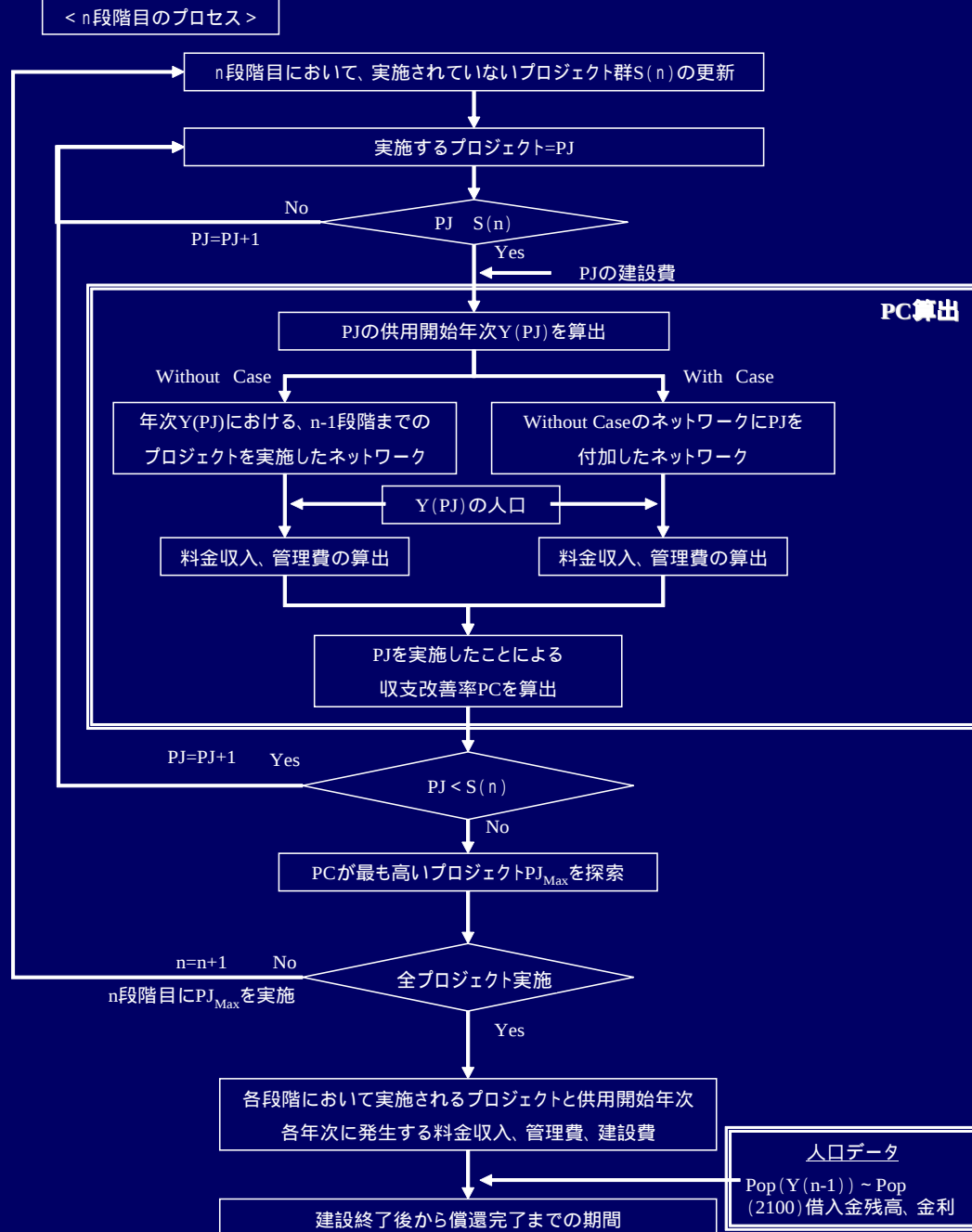
(Do Everything: DE(SSC))

- 計画されている全プロジェクトを費用便益比(B/C)が最も高いプロジェクトから実施



全プロジェクト実施 (短期採算性) (Do Everything: DE (SPC))

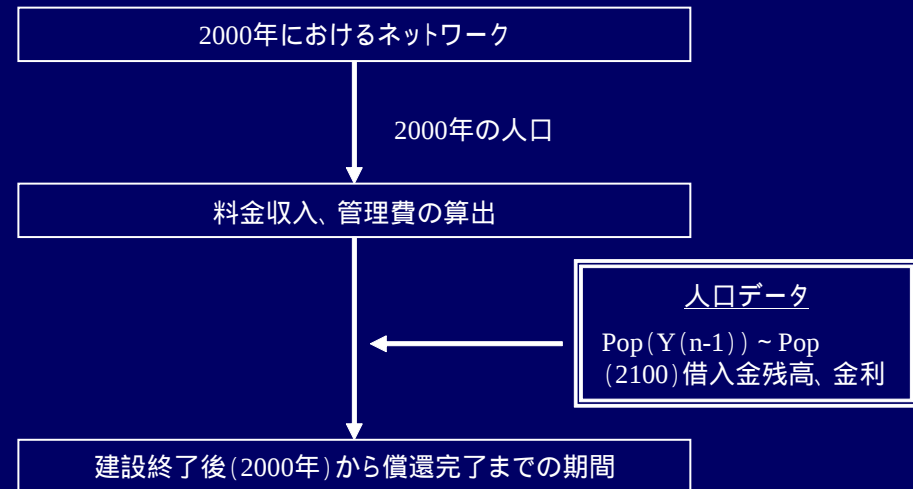
- 計画されている全プロジェクトを収益改善率 (PC) が最も高いプロジェクトから実施



- プロジェクト実施を凍結

(Do Nothing: DN)

- 計画されている全プロジェクトの実施を凍結



費用便益比

$$B/C = \sum_{T=0}^{d_t+T-1} \frac{UB_{t,k} + SB_{t,k}}{(1+r)^t} \bigg/ \sum_{T=0}^{d_t+T-1} \frac{C_{t,k} + \Delta RC_{t,k}}{(1+r)^t}$$

- t : 年次 (建設開始年次を1とする)
- $UB_{t,k}$: プロジェクト k によって発生する t 年次の利用者便益
- $SB_{t,k}$: プロジェクト k によって発生する t 年次の供給者便益
- $C_{t,k}$: プロジェクト k によって発生する t 年次の建設費
- $\Delta RC_{t,k}$: プロジェクト k によって発生する t 年次の管理費増加額
- T : 評価対象期間 (=50年)
- d_t : プロジェクト k の工期
- r : 社会的割引率



総純便益

$$TENPV = \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+r)^{\kappa_i}} \left\{ \sum_{t=0}^{d_k+T-1} \frac{(UB_{t,k} + SB_{t,k}) - (C_{t,k} + \Delta RC_{t,k})}{(1+r)^t} \right\}$$

TENPV : 総純便益 (Total Economic Net Present Value of Benefits minus Costs)

n : 実施プロジェクト総数

κ_i : プロジェクト *i* の建設開始年次 (2000年を0とする)



収益改善率

$$PC_k = \frac{\Delta Rv_{\tau,k} - (D_k \times i_{\tau} + \Delta RC_{\tau,k})}{C_k}$$

- PC_k : プロジェクト k の収益改善率
 $\Delta Rv_{\tau,k}$: プロジェクト k によって発生する τ 年次の料金収入増加額
 $\Delta RC_{\tau,k}$: プロジェクト k によって発生する τ 年次の管理費増加額
 D_k : プロジェクト k によって発生する借入金
 i_{τ} : 年次 τ の利率
 C : プロジェクト k の建設費



段階的整備プロセス探索システム

◆ 本研究で最終的に求める解

- 最適なプロジェクト実施順序

◆ 膨大な数のプロジェクト実施順序

- プロジェクト数を n 個・・・総組み合わせ数は $n!$ 通り

⇒ 遺伝アルゴリズム (GA) を応用した段階的整備
プロセス探索システムを構築



GA(Genetic Algorithms)

- 複雑な離散型組合せ最適化問題の解法に優れた手法
- 時間的な制約により計算が不可能な問題に近似解(準最適解)を与える

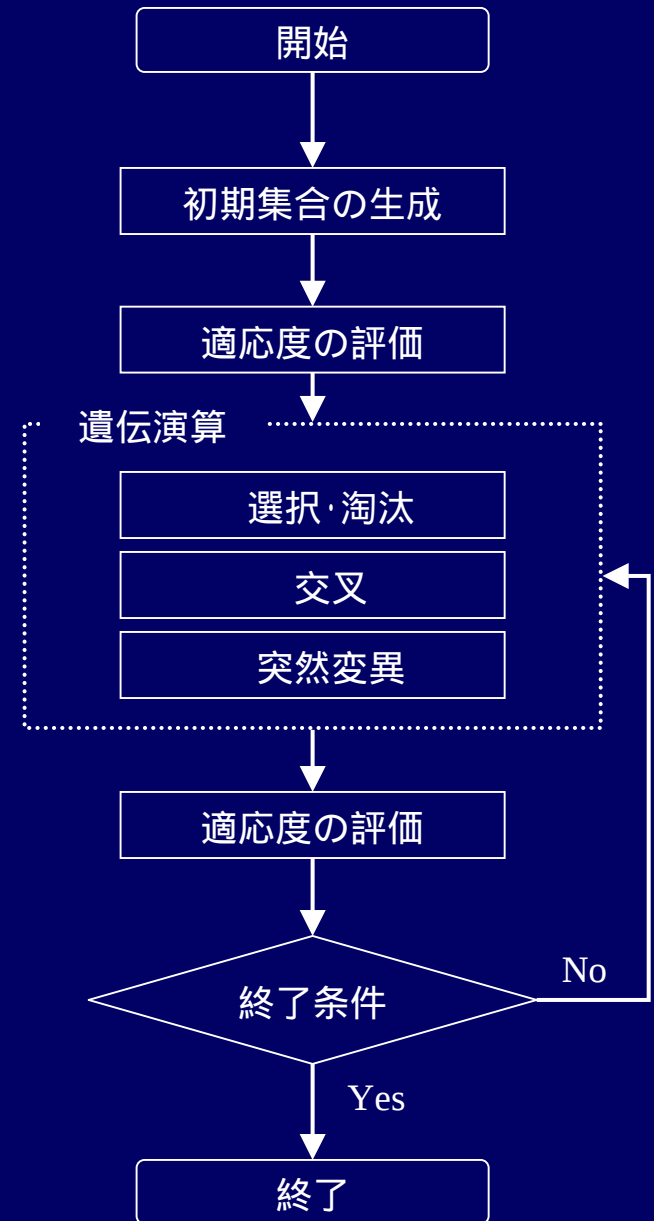
具体的には...

複雑な生物の進化過程(繁殖・淘汰・遺伝子の交叉・突然変異)を人工的に簡単な数理モデルに置き換え最適化の解法に応用する手法



探索システムフロー

1. 初期集合の生成
2. 適応度の評価
3. 終了判定
4. 遺伝演算の適用



GAの適用方法

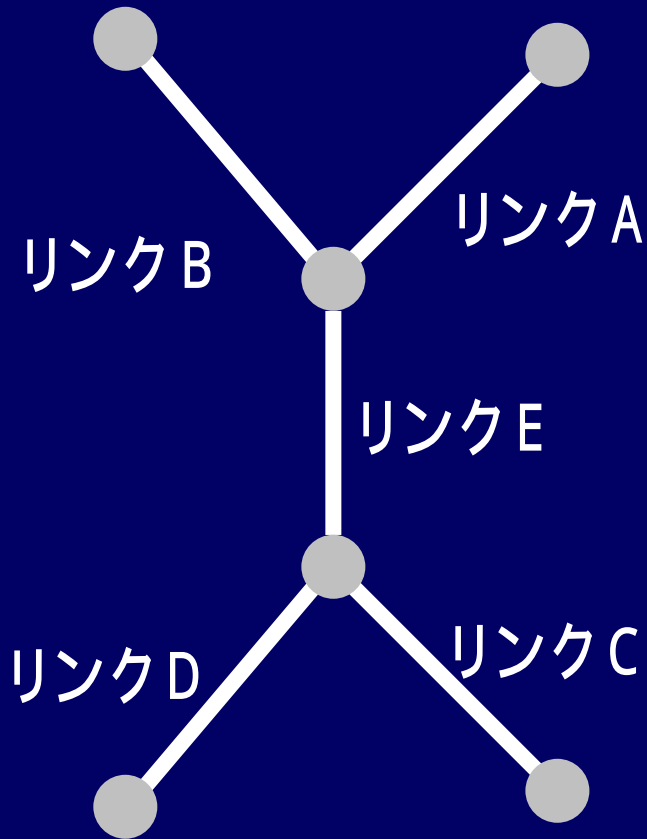
遺伝子	$x : (S_1, S_2, \dots, S_n)$
適応度	$g = f(x)$
目的関数	$\max f(x) \text{ or } \min f(x)$

本研究では...

- 遺伝子 x → あるネットワークの段階的整備プロセス
 S_i → i 番目に実施するプロジェクト番号
- 適応度 $f(x)$ → プロジェクト実施順序 x の終総純便益
→ プロジェクト実施順序 x の償還期間
- 目的関数 g → 総純便益 (TENPV) の最大化
→ 借入金償還期間の最短化



初期集合の生成



初期集合

$x_1(A, B, C, D, E)$

$x_2(E, D, C, B, A)$

$x_3(E, A, C, D, B)$

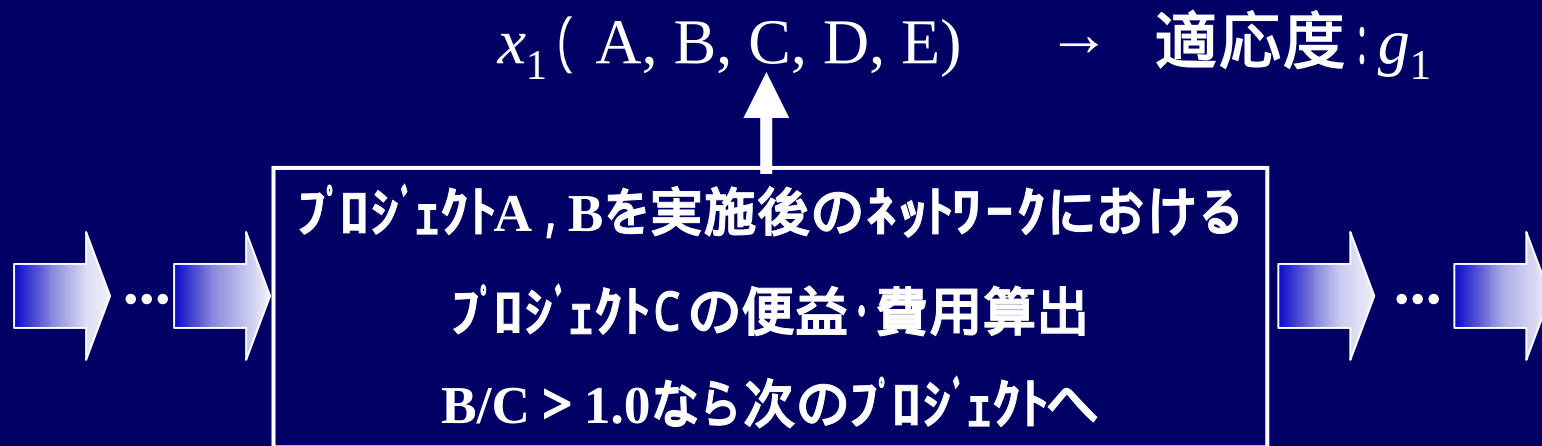
$x_4(C, B, A, E, D)$



適応度の評価

◆ 適応度の算出 (総純便益)

- 各段階ごとに総純便益を算出



遺伝演算の適用 (選択・淘汰)

◆ ルーレット選択

- 世代更新の際にある個体 i が選ばれる確率

$$g_i / \sum_j g_j$$

ここで g_i ...個体 i の適応度

◆ エリート戦略

- 各世代の個体集合の中で最大の適応度を持つ個体を無条件で次世代に残し, 最小の適応度を持つ個体を淘汰する



遺伝演算の適用 (選択・淘汰)

◆ ルーレット選択

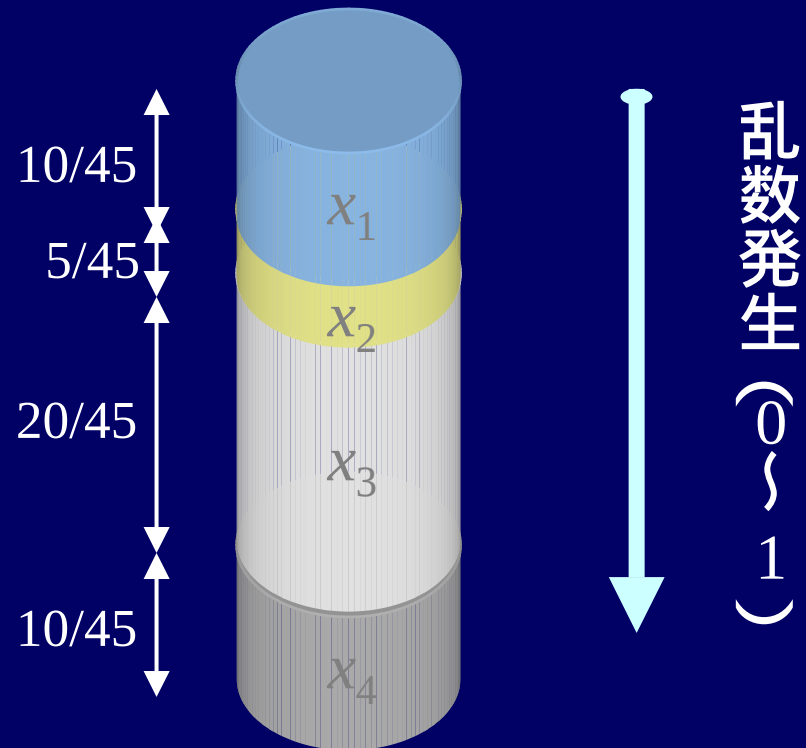
$x_1 (A, B, C, D, E) \dots g_1 : 10$

$x_2 (E, D, C, B, A) \dots g_2 : 5$

$x_3 (E, A, C, D, B) \dots g_3 : 20$

$x_4 (C, B, A, E, D) \dots g_4 : 10$

個体 i の選択確率... $g_i / \sum_j g_j$



遺伝演算の適用 (交叉・突然変異)

◆ 交叉方法

- 単純一点交叉法
- Cycle Crossover法

◆ 突然変異

- 任意の2箇所の遺伝子を入れ替える
- 任意の区間の遺伝子配列を交換



遺伝演算の適用(交叉)

交叉

T期

x_1 (E, A, C, D, B)

x_2 (C, B, A, E, D)

⋮

Cording

Projectsリスト(A, B, C, D, E)

切断箇所

x_1 (5, 2, 1, 2, 1)

x_2 (3, 1, 2, 2, 1)

交叉

T+1期

x_1 (E, B, A, D, C)

x_2 (C, A, D, E, B)

⋮

x_1 (5, 1, 2, 2, 1)

x_2 (3, 2, 1, 2, 1)

⋮

遺伝演算の適用 (突然変異)

突然変異

突然変異 1

(A, B, C, D, E)



(A, B, C, E, D)

ランダムに選択

突然変異 2

(A, B, C, D, E)



(A, E, D, C, B)



3. 前提条件



分析対象

◆ 将来高速道路ネットワーク

- 2000年4月現在未供用の高規格幹線道路網
(約4,587km , 沖縄を除く)



43個のプロジェクトに集約

高規格幹線 道路網 14,000 km	高速自動車国道 11,520 km	法定予定路線	11,520 km	
		(基本計画路線)	(10,607 km)	
		(整備計画路線)	(9,342 km)	
	自専道 2,480 km	供用済路線	6,615 km	将来高速道路網
		未供用路線	4,905 km	
		供用済路線	483 km	
		未供用路線	1,997 km	将来高速道路網



分析対象プロジェクト

プロジェクト 番号	路線名	区間	供用距離 (km)		建設費 (億円)
			総延長	2車線 区間延長	
1	八戸自動車道	青森中央JCT～青森東、天間林～六戸三沢、八戸北～八戸JCT	47.5	47.5	1,468.9
2	三陸・東北横断道	宮古～三陸、大船渡～石巻、利府西～富谷、花巻JCT～釜石	240.5	240.5	7,776.7
3	常磐自動車道	亘理～いわき四倉	109.0	109.0	4,917.9
4	日本海沿岸自動車道	小坂JCT～大館北、大館南～能代南、八竜～昭和男鹿半島	113.1	113.1	4,396.0
5	日本海沿岸自動車道	河辺JCT～酒田みなと、鶴岡JCT～新潟空港	203.5	203.5	9,324.0
6	東北中央自動車道	湯沢～新庄、尾花沢～山形中央	91.0	91.0	3,435.9
7	東北中央自動車道	山形中央～南陽高畠、米沢北～相馬JCT	125.0	125.0	6,417.0
8	北関東・東関東道	友部JCT～水戸南、茨城町JCT～潮来	65.3	0.0	3,001.4
9	北関東自動車道	栃木都賀JCT～友部JCT	66.1	0.0	3,679.8
10	北関東自動車道	高崎JCT～岩舟JCT	52.5	0.0	3,968.8
11	圏央・館山道	つくばJCT～松尾横芝、東金～木更津JCT、木更津南JCT～富津竹岡、鋸南勝山～館山	144.0	0.0	6,985.5
12	圏央自動車道	茅ヶ崎JCT～青梅、鶴ヶ島JCT～つくばJCT	128.6	0.0	6,430.0
13	東京外環自動車道	三郷JCT～市川JCT	18.7	0.0	9,429.4
14	東京外環自動車道	大泉JCT～東京	25.6	0.0	7,680.0
15	第二東名高速	東京～伊勢原JCT	41.5	0.0	13,504.3
16	第二東名高速	伊勢原JCT～清水、吉原JCT～尾羽JCT	99.5	5.0	24,654.6
17	第二東名高速	清水～豊田JCT、引佐JCT～三ヶ日JCT	166.0	13.0	23,765.0
18	中央横断自動車道	佐久JCT～長坂JCT	62.0	62.0	1,938.3
19	中央横断自動車道	双葉JCT～吉原JCT	71.5	71.5	6,168.6
20	三遠南信自動車道	飯田～引佐JCT	98.0	98.0	2,940.0
21	中部縦貫自動車道	福井北～油坂峠、飛騨清見～平湯、上高地～松本JCT	137.0	137.0	4,110.0
22	東海北陸自動車道	飛騨清見～五箇山	38.0	38.0	1,261.6
23	東海環状自動車道	四日市JCT～大垣中央JCT～豊田東JCT	145.0	0.0	7,250.0
24	第二東名・名神	豊田JCT～名古屋南、湾岸弥富～四日市JCT	64.0	0.0	8,844.6
25	第二名神	亀山JCT～高槻JCT、大津JCT～草津JCT	85.5	0.0	15,184.9
26	第二名神	高槻JCT～神戸JCT	36.5	0.0	7,329.5
27	京奈和自動車道	木津～和歌山JCT	83.8	83.8	2,514.0
28	京都縦貫・北近畿豊岡道	丹波～綾部JCT、舞鶴大江～宮津、春日JCT～豊岡	100.0	100.0	3,000.0
29	舞鶴自動車道	敦賀JCT～舞鶴東	73.0	73.0	4,874.9
30	紀勢自動車道	御坊～勢和多気JCT	223.0	223.0	9,194.3
31	鳥取自動車道	竜野JCT～山崎JCT、佐用JCT～鳥取	58.0	58.0	2,522.9
32	山陰道、米子道	鳥取～羽合、大栄～淀江大山、米子～境港	90.5	90.5	2,715.0
33	山陰道、山陽道	松江玉造～江津、美祢JCT、宇部JCT～下関JCT	249.8	249.8	8,257.8
34	松江尾道道、西瀬戸自動車道	宍道JCT～尾道JCT、生口島北～生口島南、大島北～大島南、今治南～東予丹原	149.5	136.5	6,470.6
35	高松道、徳島道	鳴門～津田東、さぬき三木～高松西、鳴門JCT～阿南	83.5	83.5	4,822.3
36	松山・高知道	大洲南～宇和島北、宇和島南～伊野	185.5	185.5	7,147.4
37	東九州自動車道	小倉東～豊津、豊前～宇佐	44.5	44.5	2,647.5
38	九州横断自動車道	延岡～嘉島JCT	95.0	95.0	3,077.3
39	東九州自動車道	大分宮河内～清武JCT	170.7	170.7	7,837.2
40	東九州自動車道	清武JCT～隼人東	141.3	141.3	5,400.0
41	道央自動車道	七飯～長万部	89.1	89.1	1,792.0
42	後志自動車道	黒松内JCT～小樽	102.0	102.0	3,060.0
43	道東自動車道	夕張～十勝清水、池田～釧路	173.0	173.0	5,260.9
計			4587.1	3453.3	276,456.8

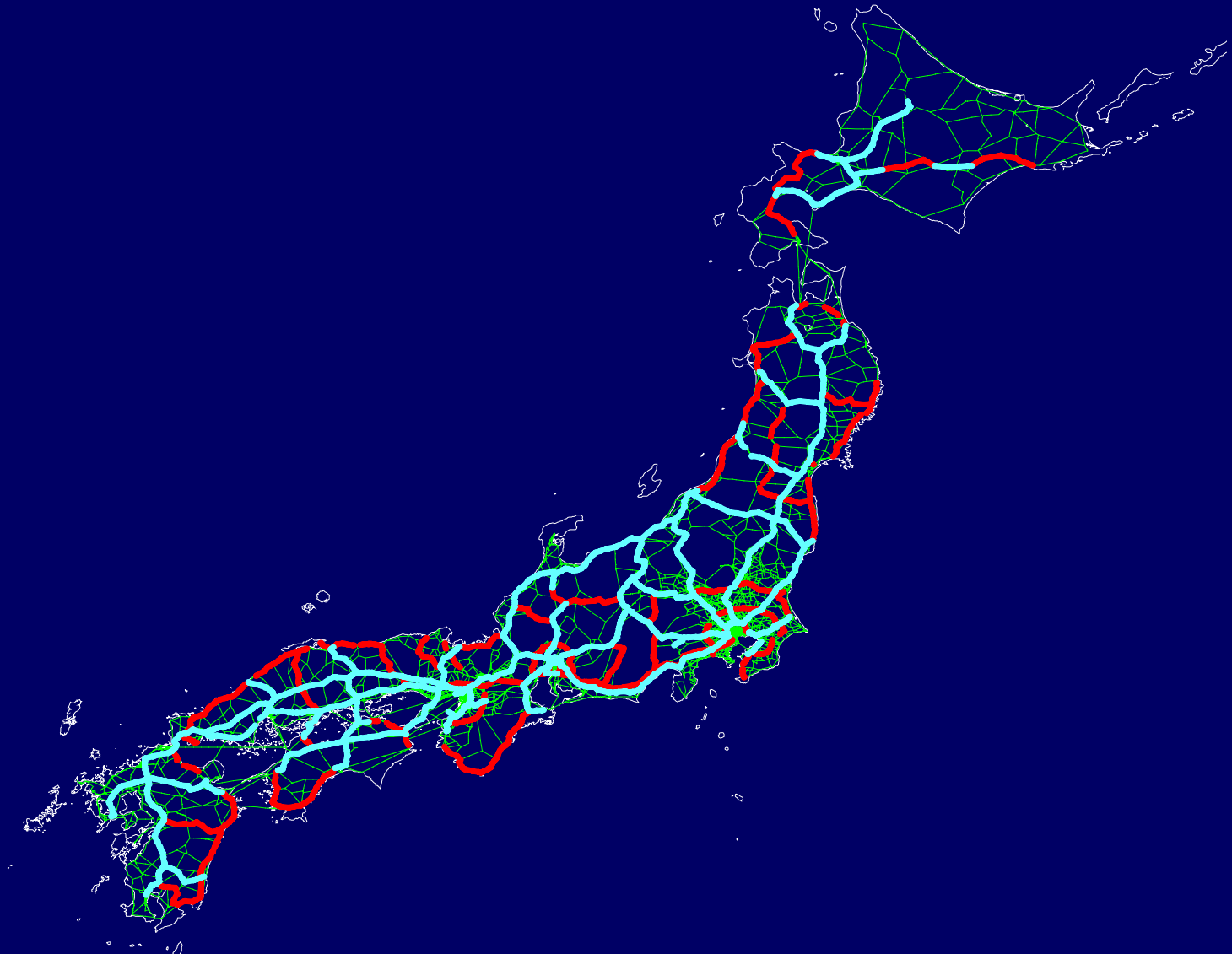


構築した道路ネットワーク

- ◆ 既存道路ネットワーク(2000年4月現在供用中)
 - 高速自動車国道・都市高速道路
 - 一般国道(大型車が通行不能な狭隘区間を除く)
 - 両側4車線以上の主要地方道
 - 首都圏1都7県及び近畿圏2府4県の両側2車線以上の主要地方道・都府県道・市道
 - 主要なフェリー航路



構築した道路ネットワーク



(C) Yoshitaka AOYAMA, Institute for Transport Policy Studies@2003



対象とした将来高速道路ネットワーク

- 分析対象ネットワーク
- 既存ネットワーク



リンク一般化費用

◆ リンク走行速度・所要時間

● Q-V式により算出

- ◆ 高速道路: 分割配分法によりリンク交通量を計測
- ◆ 一般道路: 道路交通センサス1994年交通量を使用

● 信号による所要時間の増加を考慮

● フェリーの待ち時間を考慮

- ◆ フリークエンシーの半分+60分

