

防災機能の評価手法(暫定案)の改善について

平成25年度新道路技術会議研究課題

広域道路ネットワークの耐災害信頼性 から見たリンクの脆弱度及び改良優先度 の実用的評価手法の開発と適用性評価

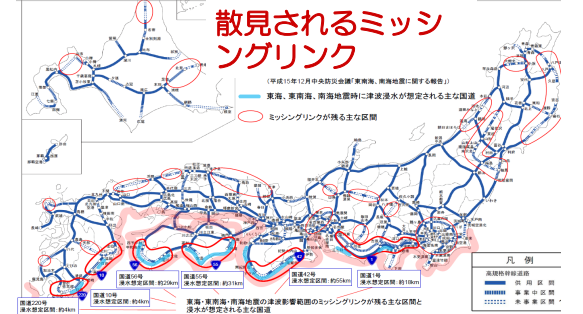
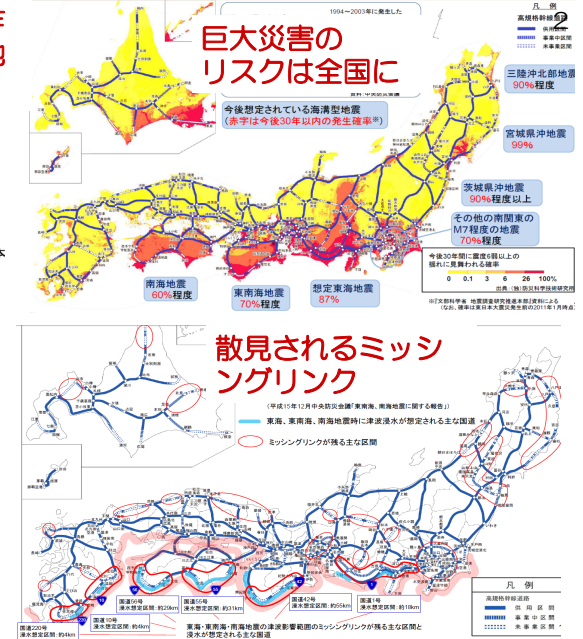
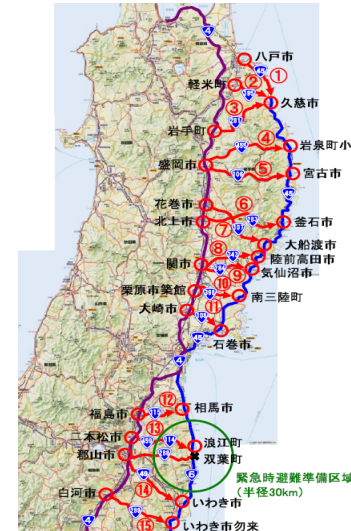
2015年3月11日

研究代表者：家田仁（東京大学）

主要メンバー：

羽藤英二、柳沼秀樹、本省道路事業分析評価室、
国総研、各地整の道路計画課長

全国に知られた「櫛の歯作戦」、それを可能にした地方部道路の改良事業



1. 本研究の3つのミッション

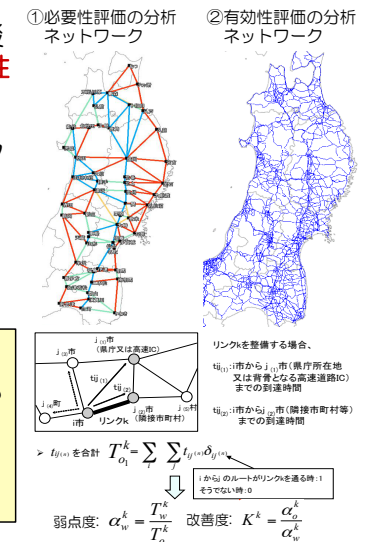
- 1) 2011年311後に道路分科会・事業評価部会によって作成された「**防災機能の暫定評価手法**」を**性能検証**し、さらに**改良**する。
- 2) 全国各広域圏で**実務的な適用性**を検証し**地域に応じたファイン・チューニング**を行う。
- 3) 全国各広域圏で**適用結果**を出し、**速やかに整備事業**に反映する。

1. 防災機能の暫定評価手法

- ① **必要性評価**：主要都市・拠点間を「耐災害性」「多重性」の視点から**A～Dに定性評価**（東北：120リンク）
- ② **有効性評価**：主要地方道以上の各リンクを、各市町村と県庁所在地・高速道路IC・隣接までの到達時間をベースに「**弱点度**」「**改善度**」を**定量評価**し、整備の優先順位付け（東北：286リンク）

【問題点】

- 両評価は**本質的には同じもの**であるにも関わらず**インテグレート**されていない
- 必要性評価は**理論的ベース**が弱い
- 有効性評価は**実務的利便**が弱い



1. 防災機能の暫定評価手法

5

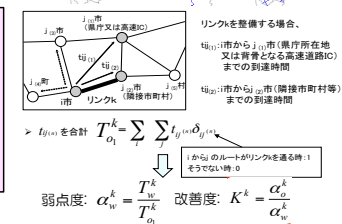
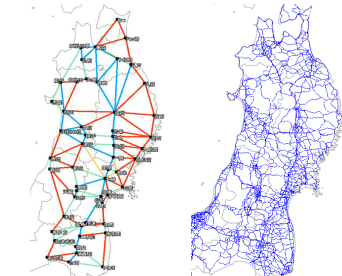
① **必要性評価**：主要都市・拠点間を「耐災害性」「多重性」の視点からA～Dに**定性評価**（東北：120リンク）

② **有効性評価**：主要地方道以上の各リンクを、各市町村と県庁所在地・高速道路IC・隣接までの到達時間をベースに「**弱点度**」「**改善度**」を**定量評価**し、整備の優先順位付け（東北：286リンク）

【改善の方向性】

- 多重性を考慮しつつ**両手法を統合的に扱う枠組み**を固める
- 実務者のニーズに十分に答えられる**マン・マシンシステム**を構築

①必要性評価の分析ネットワーク ②有効性評価の分析ネットワーク



2. 耐災害信頼性指標の改良

6

【必要性評価】

視点	拠点間連結性
指標値	4段階ランク (ABCD)
評価項目	耐災害性、 多重性

【有効性評価】

視点	リンクの脆弱性
指標値	定量評価 (α , K)
評価項目	耐災害性

【拠点間脆弱度評価】

- **拠点間**の脆弱性と脆弱性の改善度

【リンク起因脆弱度評価】

- 特定**リンクに着目**した脆弱性と脆弱性の改善度

- ① 想定NWは「災害あり・なし」「改善プロジェクトあり・なし」の計4種を作成
- ② ログサム変数を用いた期待所要時間で**多重性**の程度を取り込む
- ③ 「脆弱度」と「改善度」とともに0～1の数値で表現。それに基づき5段階のカテゴリに区分け

2. 指標の改善

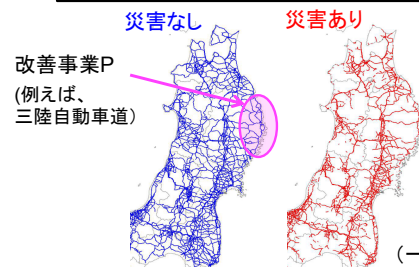
7

(1) 指標改善のポイント

- ① 「必要性評価」と「有効性評価」を統合し、**数値評価を算出の上、その大小によりランク分け**
- ② 経路の**多重性**を考慮した拠点間所要時間を評価

(2) ネットワークの設定

- 主要地方道以上を対象に災害の有無、事業の有無でデータを作成



		災害 H	
		なし	あり
事業 P	なし	W_0	W_H
	あり	W_{0+P}	W_{H+P}

(一部のリンクが遮断される)

2. 指標の改善 (その2)

8

(3) 数値ベース評価指標の算出

- 従前の評価指標の基本的発想を踏襲し、①**拠点間の評価**、②**個々の脆弱リンクに着目した評価**の2段階構成。両者ともに共通の評価指標
- 評価値が実務的に扱いやすく、理解しやすい範囲内で定義
- 多重性を考慮した複数経路の所要時間をランダム効用理論に基づいて**期待所要時間**（ログサム変数）として算出する

【拠点間期待所要時間 S_{rs} 】

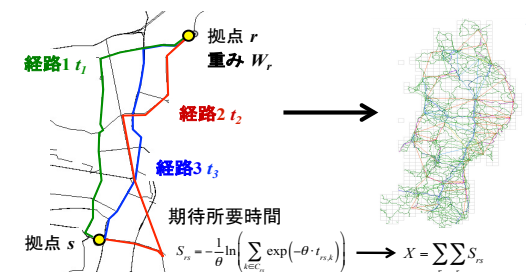
$$S_{rs} = -\frac{1}{\theta} \ln \left(\sum_{k \in C_{rs}} \exp(-\theta \cdot t_{rs,k}) \right)$$

$t_{rs,k}$: 拠点rs間の経路kの所要時間

θ : 分散パラメータ

(小さいほどランダムな選択)

C_{rs} : 経路集合



2. 指標の改善 (その3)

9

【ネットワーク期待所要時間 X 】

$$X = \sum_r \sum_s S_{rs}$$

拠点間期待所要時間の**総和**で定義

【拠点重要度（重み）の考慮】

$$S_{rs} = w_r w_s S_{rs}$$

重みはデフォルトを1.0とし、地域の実情に応じて適切に設定

【脆弱度 α 】（拠点間評価の場合）

- ・災害の有無による**期待所要時間（ログサム変数）の低下度合い**
- ・評価値は0～1の値をとる（1に近い方が悪い）

事業なし

$$\alpha_{rs}^o = 1 - \frac{S_{rs}^0}{S_{rs}^{0+H}}$$

事業あり

$$\alpha_{rs}^w = 1 - \frac{S_{rs}^P}{S_{rs}^{H+P}}$$

【改善度 K 】（拠点間評価の場合）

- ・事業の有無による脆弱度 α の**改善度合い**
- ・評価値は0～1の間をとる（1に近い方が良い）

$$K_{rs} = \left(\frac{\alpha_{rs}^o + 1}{\alpha_{rs}^w + 1} \right) - 1$$

※0での除算を防ぐため1を足している

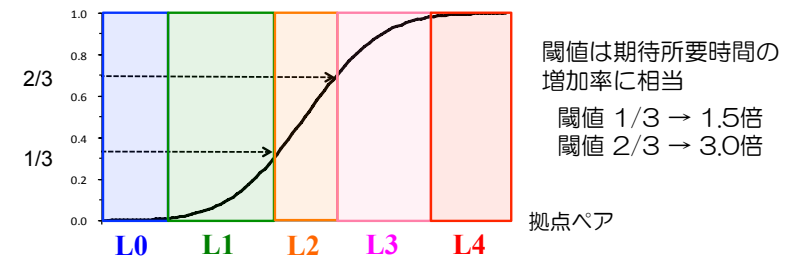
2. 指標の改善 (その4)

10

(4) ランク評価値の算出

- ・拠点間評価のランク表現は伝わりやすく今後も**残すことが望ましい**
- ・定義した**数値指標（脆弱度 α 、改善度 K ）からランクを導出**

脆弱度 α （改善度 γ ）の累積度数分布

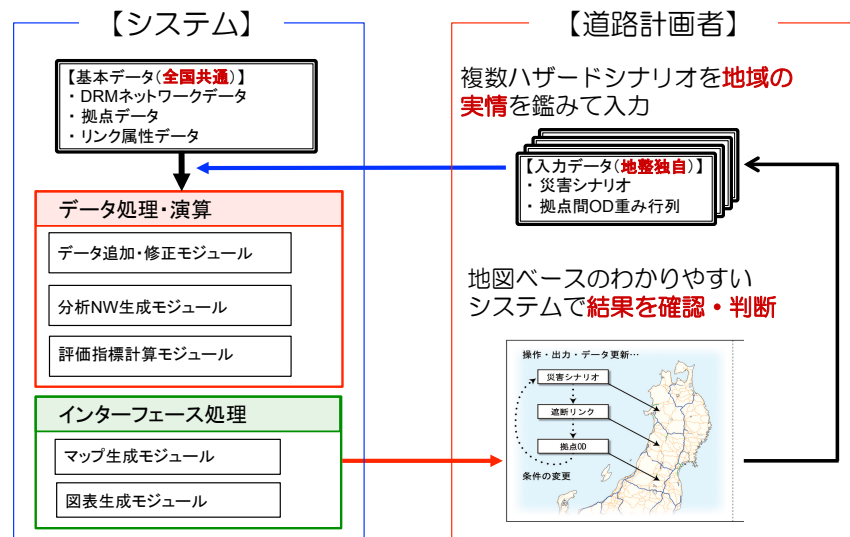


従前の「必要性評価」との対応関係：

L0=A、L1≈B、L2+L3≈C、L4=D

3. 分析評価システムの基本的作業手順

11

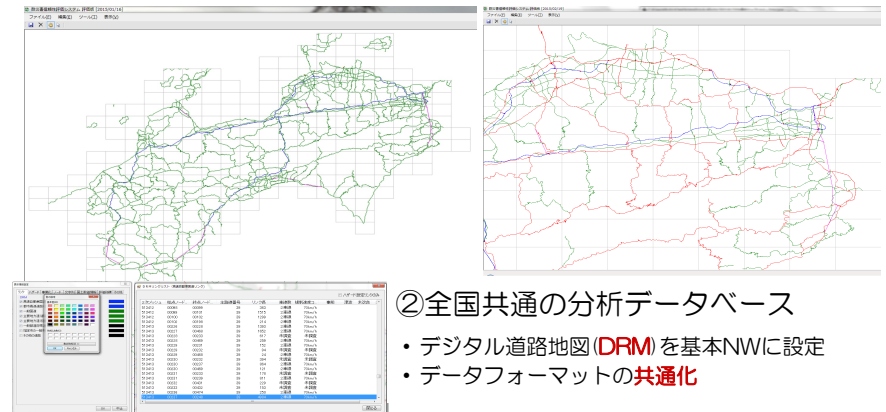


3. 分析評価システムの実装

12

①直感的に利用できるインターフェースデザイン

- ・地図ベースのシステム（Google mapの操作感を再現）
- ・データの確認や処理（データの追加・修正や評価指標の計算）等の**全ての作業がインターフェース上で実行可能**

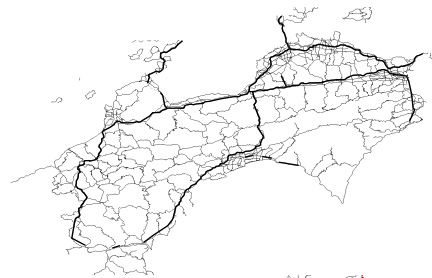


②全国共通の分析データベース

- ・デジタル道路地図（**DRM**）を基本NWに設定
- ・データフォーマットの**共通化**

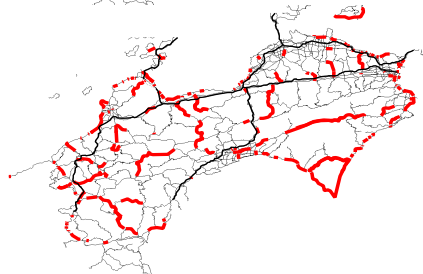
4. 四国地方への適用（既存評価との比較）

13



【分析対象ネットワーク】

道路種別	リンク数	延長 (km)
高速道路	1,568	1,301
直轄国道	5,521	1,644
補助国道	3,721	1,875
主要地方道	8,390	3,630
その他	162	46
事業化路線	52	-
計	19,362	8,496



【災害時の分析対象ネットワーク】

道路種別	リンク数	延長 (km)	遮断率 (延長)
高速道路	1,568	1,301	なし
直轄国道	4,169	1,196	27 %
補助国道	2,306	1,099	41 %
主要地方道	4,578	1,874	48 %
その他	130	39	10 %
事業化路線	52	-	-
計	12,761	5,512	35 %

4. 四国地方への適用（既存評価との比較）

14

【計算条件】

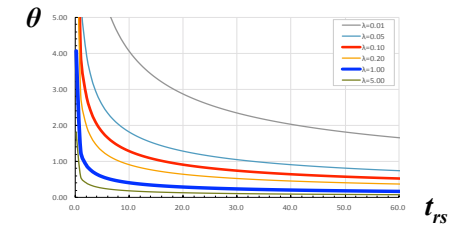
分散パラメータ θ の設定

- 既往研究では経路所要時間の大小に関わらず固定値を採用している（実務では0.2~1.0を利用）
- 実際は距離に比例して分散は大きくなるため、拠点毎に最短所要時間を用いて θ を設定

$$\theta_{rs} = \frac{\pi}{\sqrt{6 \cdot \lambda \cdot t_{rs}}}$$

t_{rs} : 拠点 rs 間の最短経路所要時間

λ : パラメータ

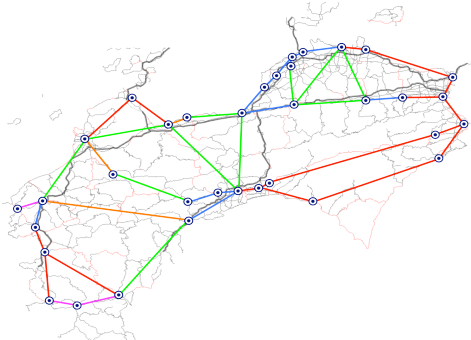


- 通常時：既往研究例を踏まえ、 λ を3.4に設定（ $\theta=1.0$ に相当）
- 災害時： λ を0.034に設定（ $\theta=0.1$ に相当）
⇒所要時間差に対する人々の感覚が下がると仮定

7. 四国地方への適用（既存評価との比較）

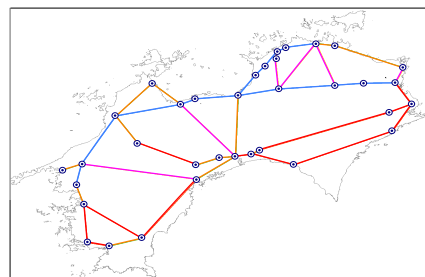
15

【拠点間脆弱度評価：現況】



必要性評価	拠点間脆弱度 α
A	14 L0 12
B	17 L1 11
C	6 L2 3
D	12 L3 3
	L4 17

【既存の必要性評価：現況（H25）】

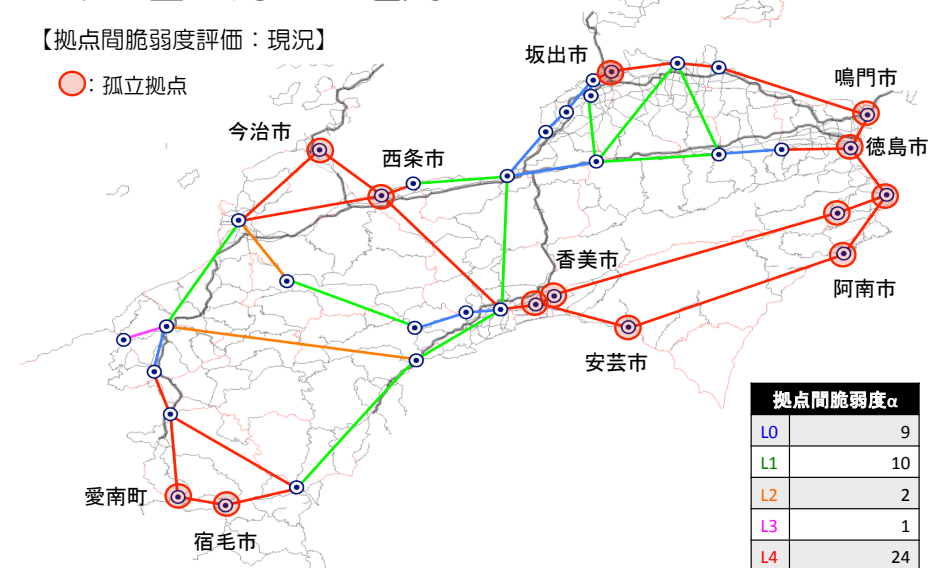


7. 四国地方への適用（南海トラフ地震を想定）

16

【拠点間脆弱度評価：現況】

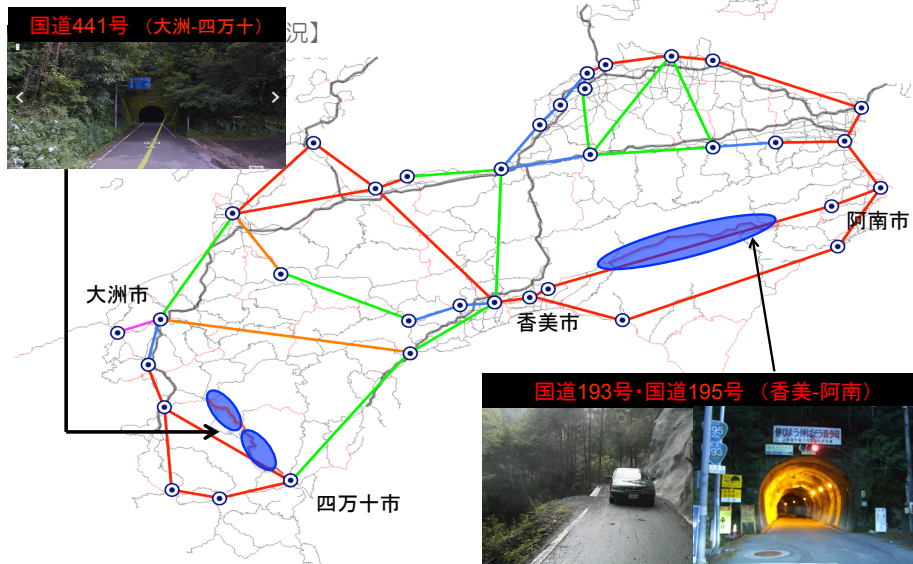
○：孤立拠点



拠点間脆弱度 α	
L0	9
L1	10
L2	2
L3	1
L4	24

7. 四国地方への適用 (南海トラフ地震を想定)

17



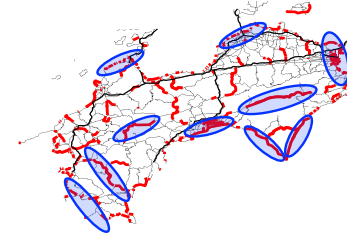
7. 四国地方への適用

18

(3) 南海トラフを想定した「リンク起因脆弱度」評価

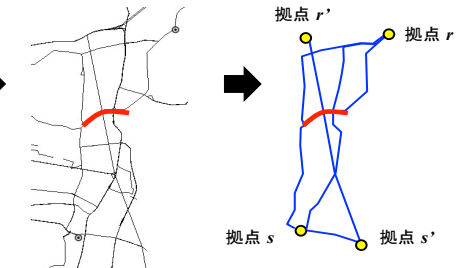
- 連続する遮断リンク群を「リンク改善プロジェクト」とし、それらの脆弱度と改善度を比較することで、優先すべき事業を明らかにする
- 拠点間脆弱性評価と同様の枠組みが利用可能

① リンク改善プロジェクトの検討



実務者と議論の上、複数のリンク改善プロジェクト P_i を立案

② P_i を利用する拠点ペアの集合 CP_i を特定



7. 四国地方への適用

19

③ 評価指標の算出と比較

【期待所要時間】

$$X_{P_i} = \sum_{r \in AP_i} \sum_{s \in AP_i} w_r w_s S_{rs}$$

$$S_{rs} = -\frac{1}{\theta} \ln \left(\sum_{k \in C_{rs}} \exp(-\theta \cdot t_{rs,k}) \right)$$

【リンク起因脆弱度】

$$\alpha^o = 1 - \frac{X^0}{X^H} \quad \alpha_{P_i}^w = 1 - \frac{X_{P_i}^w}{X^{H+P_i}}$$

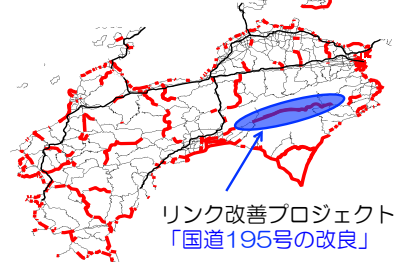
【リンク改善度】

$$K_{P_i} = \left(\frac{\alpha^o + 1}{\alpha_{P_i}^w + 1} \right) - 1$$

※新規路線整備以外は $X^{P_i} = X^0$

すべての P_i について比較分析

【国道195号での試算】



- 拠点ペア集合：
①高知市-南国市、②南国市-香美市、
③香美市-那賀町

- 脆弱度：改良前 1.00 (L4)
改良後 0.15 (L1)

- 脆弱度：0.74 (L3)