

道路ネットワークの防災機能の向上効果 計測マニュアル（案）

平成28年2月

国土交通省 道路局 都市局

目次

1. 本マニュアルの概要	1
(1) 目的	
(2) 基本的な考え方	
2. 概略検討フロー	2
3. 広域拠点間の接続性の評価	
3. 1 現状の道路ネットワークの評価	3
(1) 現状ネットワークの構築	
(2) 評価対象ペアの設定	
(3) 各拠点ペア間の通常時における期待所要時間の計測	
(4) 各拠点ペア間の災害時における期待所要時間の計測	
(5) 各拠点ペア間の脆弱度の計測	
3. 2 将来の道路ネットワークの評価	7
(1) 将来ネットワークの構築	
(2) 各拠点ペア間の通常時における期待所要時間の計測	
(3) 各拠点ペア間の災害時における期待所要時間の計測	
(4) 各拠点ペア間の脆弱度の計測	
3. 3 各拠点ペアの防災機能ランクの評価	8
3. 4 累積脆弱度の計測	9
3. 5 各拠点ペアの改善度の評価	9
4. 評価対象区間の効率性の評価	9
5. 結果のとりまとめ・公表	11

1. 本マニュアルの概要

(1) 目的

災害時に地域の孤立や大きな迂回を余儀なくされた場合、救助・救援活動、広域的な緊急物資の輸送に困難をきたすことが想定される。本マニュアルは、道路ネットワークを耐災害性、多重性の観点から評価するため、災害時の地域の孤立や迂回の度合いおよび道路を整備することによりそれらが解消する度合いを計測する手法を定めたものである。

なお、本マニュアルは現時点で得られた知見に基づく標準的な知見についてとりまとめたものであり、今後とも検討を加え、マニュアル自体を逐次更新していく予定である。

(2) 基本的な考え方

防災機能の向上効果の計測は、道路ネットワーク上の災害リスクを基に通行の可否を設定し、道路整備が行われる場合と、行われない場合のそれぞれについて、通常時と災害時の拠点間の移動に要する期待所要時間を算出し、通常時に対する災害時の速達性の低下の度合いや、道路整備が「行われない場合」に対する「行われる場合」の速達性の改善の度合いを計測することにより、分析、評価するものである。

この際、現時点で得られている知見では、災害時における交通量や旅行速度等を推定することは困難であることから、交通流の推計によらず、ネットワークの連結性の観点から評価を行うこととしている。また災害外力や被災箇所を精緻に推定することの困難性に鑑み、技術的な基準等の適合状況等を基に通行の可否を設定することとしている。

2. 概略検討フロー

本マニュアルによる算定フローを図-1に示す。

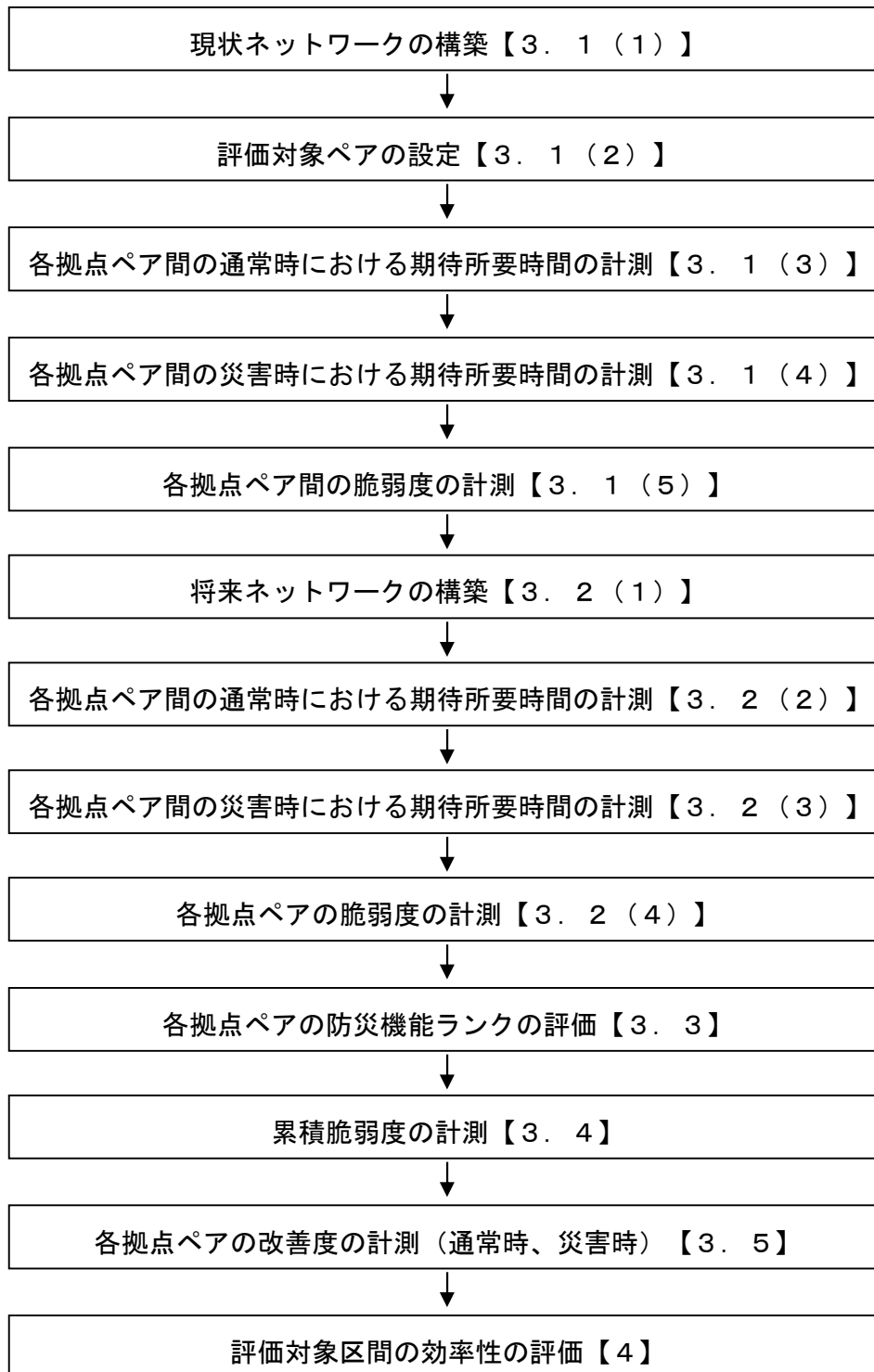


図-1 防災機能評価の検討フロー

3. 広域拠点間の接続性の評価

3. 1 現状の道路ネットワークの評価

(1) 現状ネットワークの構築

①対象範囲の設定

評価対象事業の存する地方整備局等(以下：整備局)管内を対象範囲とする。なお、評価対象事業が整備局を跨る場合には、上記対象範囲を踏まえ、適切に設定するものとする。

②拠点の設定

地域の防災計画等に基づき、災害発生時に甚大な被害を受ける地域や孤立するおそれのある地域、救助・救援活動や広域的な物資の輸送の拠点等をノードとして設定する(表1)。

なお、災害時に被災する拠点については、地域の防災計画等において代替拠点が定められている場合は、当該拠点をノードとして設定する。また、災害時に被害が広域にわたる場合には、被災する拠点を中心として一定の期間内に啓開可能な範囲を面的なノードとして捉えることができるものとする。その他、拠点が被災することによって、道路整備の効果を適切に評価することが困難な場合には、被災する拠点の最寄りのインターチェンジ等を補足的に拠点として設定の上、評価することができるものとする。

表1 拠点区分

支援拠点		被災拠点	
広域	<ul style="list-style-type: none"> ○都道府県庁、政令市役所所在地 ○陸上自衛隊駐屯地 	地震	○震度7以上の市町村
交通	<ul style="list-style-type: none"> ○地域境界の最寄りIC ○空港 ○港湾（重要港湾以上） ○貨物ターミナル駅 	津波	○浸水する市町村
地域	<ul style="list-style-type: none"> ○圏域中心都市 <ul style="list-style-type: none"> ・新地方生活圏計画等の中心都市 ・人口5万人以上の都市 等 ○広域輸送物資拠点 <ul style="list-style-type: none"> ・南海トラフ地震における具体的な応急対策活動に関する計画 ・首都直下地震道路啓開計画 ・各地域防災計画 ・各地域の啓開計画 等 ○災害拠点病院 <ul style="list-style-type: none"> ・各地域防災計画 等 ○道の駅、SA/PA ○建設・交通当局の事務所 <ul style="list-style-type: none"> ・地方整備局 (本局、事務所、出張所) ・各県の土木事務所 等 	豪雨 豪雪	<ul style="list-style-type: none"> ○落石・土砂災害・雪崩等により孤立するおそれのある市町村 ※事前通行規制区間、土砂災害警戒区域、防災点検結果等を参考に設定
		火山	○火山災害警戒地域に指定される市町村

※本マニュアルに基づく評価を実施する時点において、法令等に基づく計画等が未確定である場合には、関連する計画等を参考に設定するものとする。

③ネットワークの設定

評価に用いるネットワークは、主要地方道以上の道路を基本に、評価時点の道路状況および事業化済み箇所を考慮することで設定する。

この際、ネットワークを構成する各リンクの速度は災害時の交通流の推計の困難性に鑑み、通常時、災害時ともに規制速度を基本として設定するものとする。

(2) 評価対象ペアの設定

地域の防災計画等に基づき、災害時において移動経路が確保されている必要のある拠点ペアを評価対象として抽出する。

(3) 各拠点ペア間の通常時における期待所要時間の計測

現況ネットワークの通常時における各拠点ペア間の期待所要時間を式(a)によって算定する。

$$S_{rs}^{O+N} = -\frac{1}{\theta^N} \ln \sum_{k \in C_{rs}^{O+N}} \exp \left\{ -\theta^N \cdot t_{rs,k}^{O+N} \right\} \quad \dots\dots\dots \text{式(a)}$$

ここで、

S_{rs}^{O+N} : 現況ネットワークの通常時における拠点 rs 間の期待所要時間

θ^N : 通常時の分散パラメータ

C_{rs}^{O+N} : 現況ネットワークの通常時における拠点 rs 間の重複のない経路集合

$t_{rs,k}^{O+N}$: 現況ネットワークの通常時における拠点 rs 間に存在する経路 k の所要時間

なお、 θ^N については、当面の間、1.0 として設定することを基本とし、これ以外の値を適用する場合には、根拠を明確にした上で当該値を用いて算定することができるものとする。

(4) 各拠点ペア間の災害時における期待所要時間の計測

①災害シナリオの設定

地震・津波、豪雨・豪雪、火山災害発生時のケースについて実施することを基本とする。

この際、災害リスクの地域特性に鑑み、複数の災害シナリオについて、あわせて評

価を実施することができるものとする。

②災害時に通行不能になると推定される箇所の設定

各災害リスクが発生した際の災害時ネットワークについては、現状ネットワークのうち、以下の箇所を通行不能となるものとして設定する。

(i) 共通

物資を輸送する大型車の円滑な通行が困難な箇所（「幅員 5.5m 以上の改良済みの箇所」以外の箇所等）

(ii) 地震

昭和 55 年に改定された橋梁設計基準を満たさない橋梁及び落石・土砂災害・雪崩等のおそれのある箇所（「道路法第 46 条」に定める事前通行規制区間、防災点検結果等を参考に設定）

(iii) 津波

科学的根拠により設定された津波浸水想定区域内で浸水する区間（30cm 以上を目安に設定）

(iv) 豪雨・豪雪

落石、土砂災害、雪崩等のおそれのある箇所（「道路法第 46 条」に定める事前通行規制区間、「土砂災害防止第 7 条および第 9 条」に定められる土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域、防災点検結果、冬期通行不能区間等を参考に設定）

(v) 火山

「活火山対策特別措置法第 3 条」に定められる火山災害警戒地域のうち、火山災害により著しい影響が及ぶおそれのある区間（火山ハザードマップ、避難計画等を参考に設定）

なお、本マニュアルに基づく評価を実施する時点において、法令等に基づく計画等が未確定である場合には、関連する計画等を参考に設定するものとする。

③期待所要時間の計測

3.1(4)①、②で設定した災害シナリオに基づき災害時に通行不能になると推定される箇所を現況ネットワークに反映した上で、現況ネットワークの災害時における各拠点ペア間の期待所要時間を式(b)によって算定する。

$$S_{rs}^{O+H} = -\frac{1}{\theta^H} \ln \sum_{k \in C_{rs}^{O+H}} \exp \left\{ -\theta^H \cdot t_{rs,k}^{O+H} \right\} \quad \dots\dots\dots \text{式(b)}$$

ここで、

- S_{rs}^{O+H} : 現況ネットワークの災害時における拠点 rs 間の期待所要時間
- θ^H : 災害時の分散パラメータ
- C_{rs}^{O+H} : 現況ネットワークの災害時における拠点 rs 間の重複のない経路集合
- $t_{rs,k}^{O+H}$: 現況ネットワークの災害時における拠点 rs 間に存在する経路 k の所要時間

なお、 θ^H については、当面の間、0.1 として設定することを基本とし、これ以外の値を適用する場合には、根拠を明確にした上で当該値を用いて算定することができるものとする。

(5) 各拠点ペア間の脆弱度の計測

式(a) (b)により計測した S_{rs}^{O+N} 、 S_{rs}^{O+H} より、現状の道路ネットワークの災害に対する脆弱度を式(c)により算定する。

$$z_{rs}^O = 1 - \frac{S_{rs}^{O+N}}{S_{rs}^{O+H}} \quad \dots\dots\dots\text{式(c)}$$

ここで、

z_{rs}^O : 道路整備を行わない場合の拠点 rs 間における脆弱度

3. 2 将来の道路ネットワークの評価

(1) 将来ネットワークの構築

3.1(1)により構築した現状ネットワークに加え、評価対象事業箇所を考慮することで将来ネットワークを構築する。

なお、対象とする箇所がその他の道路整備プロジェクトを含む全体計画の一部であり、当該全体計画が防災機能の評価結果に大きく影響を与える場合には、当該全体計画を考慮することによって、将来ネットワークを構築することができるものとする。

(2) 各拠点ペア間の通常時における期待所要時間の計測

将来ネットワークの通常時における各拠点ペア間の期待所要時間を式(d)によって算定する。

$$S_{rs}^{W+N} = -\frac{1}{\theta^N} \ln \sum_{k \in C_{rs}^{W+N}} \exp \left\{ -\theta^N \cdot t_{rs,k}^{W+N} \right\} \quad \dots\dots\dots\text{式(d)}$$

ここで、

- S_{rs}^{W+N} : 将来ネットワークの通常時における拠点 rs 間の期待所要時間
- θ^N : 通常時の分散パラメータ
- C_{rs}^{W+N} : 将来ネットワークの通常時における拠点 rs 間の重複のない経路集合
- $t_{rs,k}^{W+N}$: 将来ネットワークの通常時における拠点 rs 間に存在する経路 k の所要時間

(3) 各拠点ペア間の災害時における期待所要時間の計測

3.1(4)①、②で設定した災害シナリオに基づき災害時に通行不能になると推定される箇所を将来ネットワークに反映した上で、災害時における各拠点ペア間の期待所要時間を式 (e) によって算定する。

$$S_{rs}^{W+H} = -\frac{1}{\theta^H} \ln \sum_{k \in C_{rs}^{W+H}} \exp \left\{ -\theta^H \cdot t_{rs,k}^{W+H} \right\} \quad \dots\dots\dots \text{式(e)}$$

ここで、

- S_{rs}^{W+H} : 将来ネットワークの災害時における拠点 rs 間の期待所要時間
- θ^H : 災害時の分散パラメータ
- C_{rs}^{W+H} : 将来ネットワークの災害時における拠点 rs 間の重複のない経路集合
- $t_{rs,k}^{W+H}$: 将来ネットワークの災害時における拠点 rs 間に存在する経路 k の所要時間

(4) 各拠点ペアの脆弱度の計測

式(d) (e)により計測した S_{rs}^{W+N} 、 S_{rs}^{W+H} より、将来の道路ネットワークの災害に対する脆弱度を式 (f) により算定する。

$$z_{rs}^W = 1 - \frac{S_{rs}^{W+N}}{S_{rs}^{W+H}} \quad \dots\dots\dots \text{式(f)}$$

ここで、

- z_{rs}^W : 道路整備を行う場合の拠点 rs 間における脆弱度

3. 3 各拠点ペアの防災機能ランク評価

式(c) (f)により算出された脆弱度の値より、表2に基づき現状および将来の防災機能ランク評価する。

表2 防災機能ランクの評価

評価ランク	脆弱度	備考
A	0	災害時も通常時と同じ期待所要時間
B	0 より大～1/3 未満	災害時は通常時の 1.5 倍未満の期待所要時間
C	1/3 以上～1 未満	災害時は通常時の 1.5 倍以上の期待所要時間
D	1	災害時には到達不可能

3. 4 累積脆弱度の計測

式(c) (f)により算出された各拠点ペア間の脆弱度を、最短経路上の災害危険箇所が存在するリンク毎に累積し、当該リンク延長を乗ずることにより、累積脆弱度を算定する。

3. 5 各拠点ペアの改善度の計測

式(a) (b) (d) (e)により算出された S_{rs}^{O+N} 、 S_{rs}^{O+H} 、 S_{rs}^{W+N} 、 S_{rs}^{W+H} より、通常時における改善度および災害時における改善度を算出する。

$$k_{rs}^N = 1 - \frac{S_{rs}^{W+N}}{S_{rs}^{O+N}} \quad \dots\dots\dots \text{式(g)}$$

$$k_{rs}^H = 1 - \frac{S_{rs}^{W+H}}{S_{rs}^{O+H}} \quad \dots\dots\dots \text{式(h)}$$

ここで、

k_{rs}^N : 通常時の改善度

k_{rs}^H : 災害時の改善度

4. 評価対象区間の効率性の評価

(1) 脆弱度の計測

各拠点ペアの脆弱度に基づき、評価対象事業が道路の防災機能の向上に寄与する程度を評価するため、道路整備を行う場合と行わない場合のそれぞれについて、評価対象事業の脆弱度を式 (i) により算出する。

$$z_{P_i}^O = \frac{\sum_r \sum_s w_r w_s \cdot \delta_{rs}^W \cdot z_{rs}^O}{n_{P_i}} \quad \dots\dots\dots \text{式(i)}$$

$$z_{P_i}^W = \frac{\sum_r \sum_s w_r w_s \cdot \delta_{rs}^W \cdot z_{rs}^W}{n_{P_i}}$$

ここで、

- $z_{P_i}^O$: 道路整備を行わない場合の評価対象事業 P_i の脆弱度
- $z_{P_i}^W$: 道路整備を行う場合の評価対象事業 P_i の脆弱度
- w_r, w_s : 拠点の重み
- δ_{rs}^W : 拠点 rs 間において評価対象事業 P_i を通過する場合は 1、
通過しない場合は 0
- z_{rs}^O : 道路整備を行わない場合の拠点 rs 間における脆弱度
- z_{rs}^W : 道路整備を行う場合の拠点 rs 間における脆弱度
- n_{P_i} : 評価対象事業 P_i を通過する拠点ペア rs の数

なお、拠点の重みについては、当面の間、1.0 として設定することを基本とし、これ以外の値を適用する場合には、根拠を明確にした上で当該値を用いて算定することができるものとする。

(2) 改善度の計測

各拠点ペアの改善度に基づき、評価対象事業の寄与の程度を評価するため、通常時、災害時それぞれについてプロジェクトの改善度を式 (j) により算出する。

$$k_{P_i}^N = \frac{\sum_r \sum_s w_r w_s \cdot \delta_{rs}^N \cdot k_{rs}^N}{n_{P_i}} \quad \dots\dots\dots \text{式(j)}$$

$$k_{P_i}^H = \frac{\sum_r \sum_s w_r w_s \cdot \delta_{rs}^H \cdot k_{rs}^H}{n_{P_i}}$$

ここで、

- $k_{P_i}^N$: 通常時の評価対象事業 P_i の改善度
- $k_{P_i}^H$: 災害時の評価対象事業 P_i の改善度
- w_r, w_s : 拠点の重み
- δ_{rs}^N : 通常時に拠点 rs 間において評価対象事業 P_i を通過する場合は 1、
通過しない場合は 0
- δ_{rs}^H : 災害時に拠点 rs 間において評価対象事業 P_i を通過する場合は 1、

通過しない場合は 0

k_{rs}^N : 通常時の拠点 rs 間における改善度

k_{rs}^H : 災害時の拠点 rs 間における改善度

n_{P_i} : 評価対象事業 P_i を通過する拠点ペア rs の数

5. 結果のとりまとめ・公表

3,4により算出された結果を取りまとめ、公表する。