

平成30年度 (一社)中国建設弘済会 技術開発支援事業

広域路面凍結 予測手法の開発

- 上根バイパスの路温特性 -

福井大学 名誉教授

福原 輝幸

発表内容

1. 将来目指すもの
2. 研究の背景
3. 当該研究の背景と目的
4. サーマルマッピング
5. 既往の予測手法の特徴
6. 広域路面温度予測モデル
7. 研究結果
8. 結論



1. 将来目指すもの

次世代ウィンタードライブサポート

—危険路面情報配信サービス
“IDR(アイドル)” —

一般道路ユーザー



500m先凍結！到達時間20秒。
50km/h以下に落として下さい。



従来 (看板・標識)

未知・未経験・油断

どこが・いつ危険？

スリップ事故



アイドルナビ
IDR-navi

スリップ情報

危険箇所・時間帯
危険スピード (事故履歴)

減速・回避
待機

No

Yes



安心・安全!
快適ドライブ

アイドル ナビ
IDR-navi

数100m先の見えない危険を、いつでも、
どこでも、リアルタイムで教えてくれる！
それが…IDR-navi！

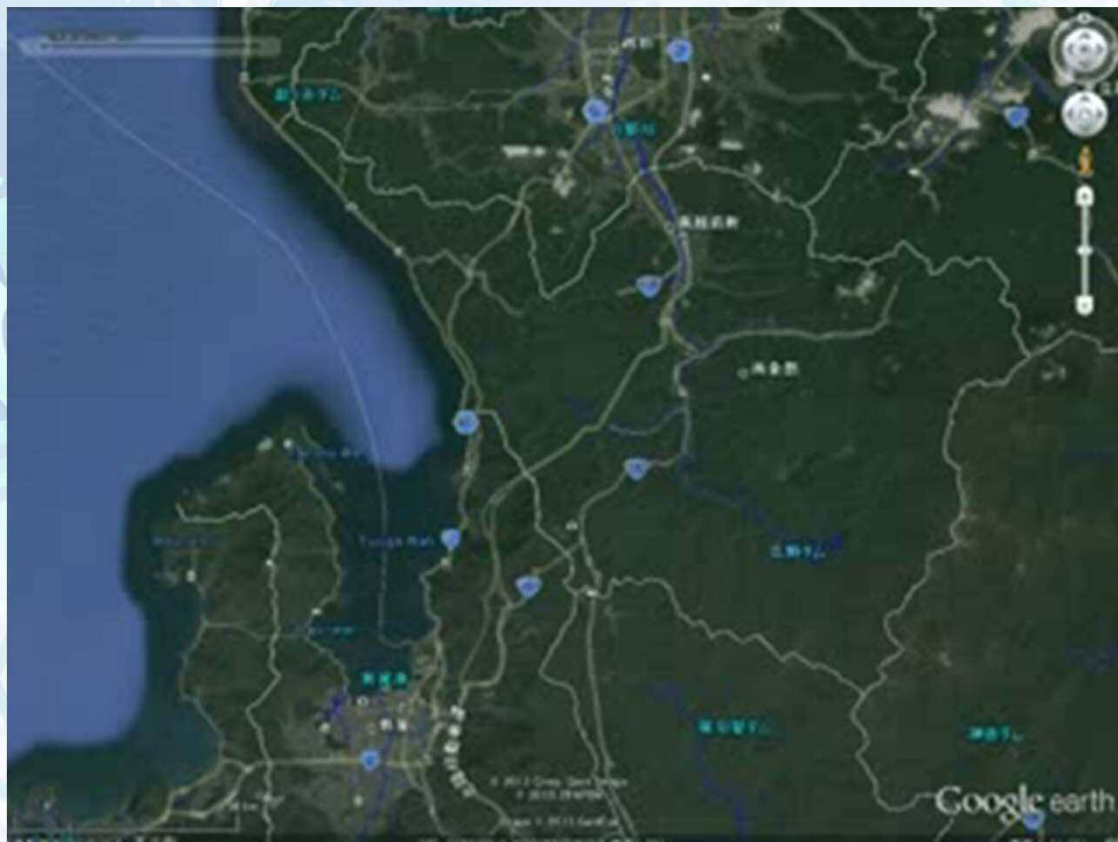


イメージ図





広域路面凍結予測とは？

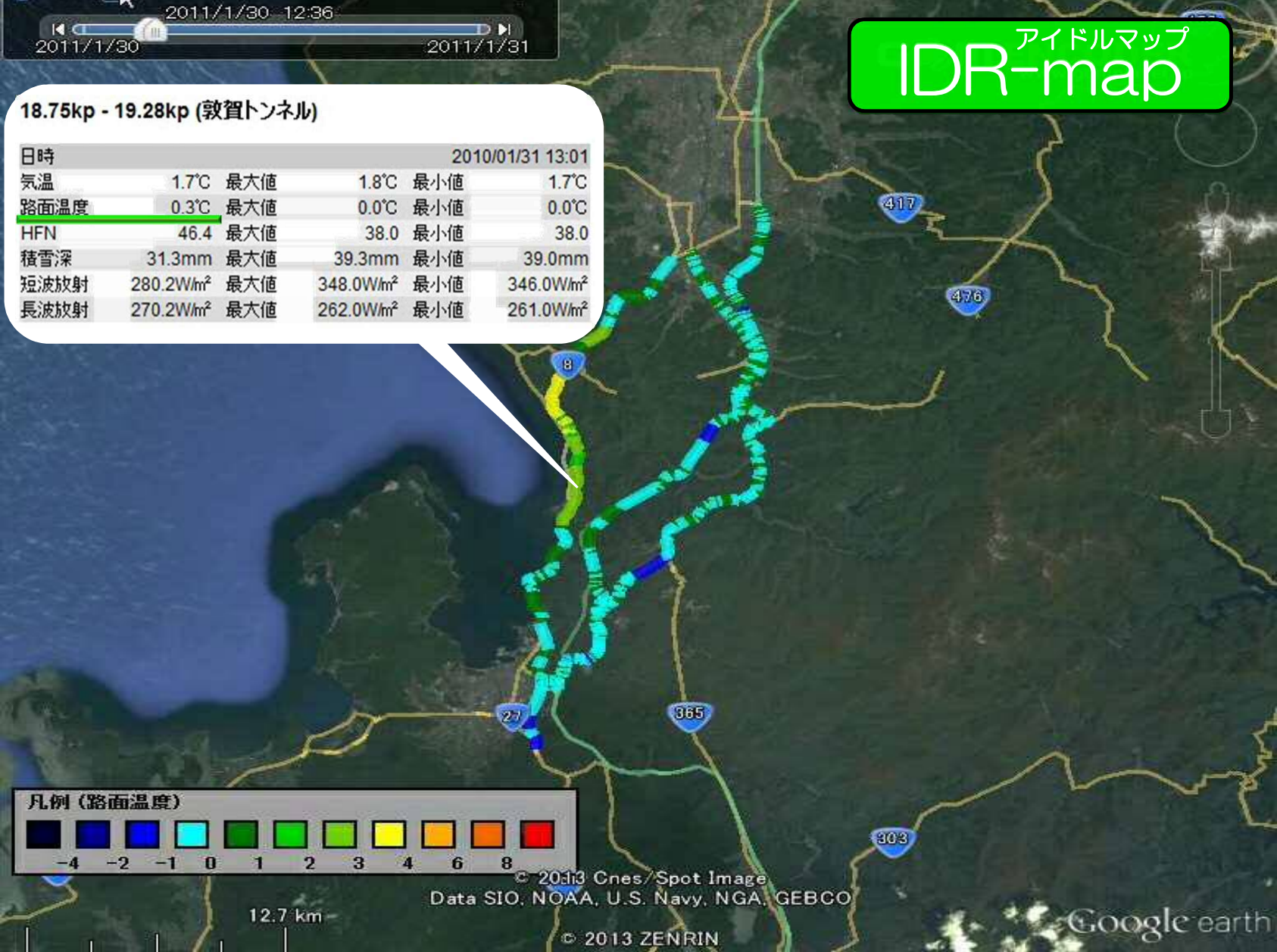
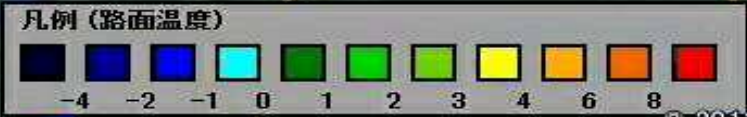


2011/1/30 - 12:36
2011/1/30 2011/1/31

アイドルマップ IDR-map

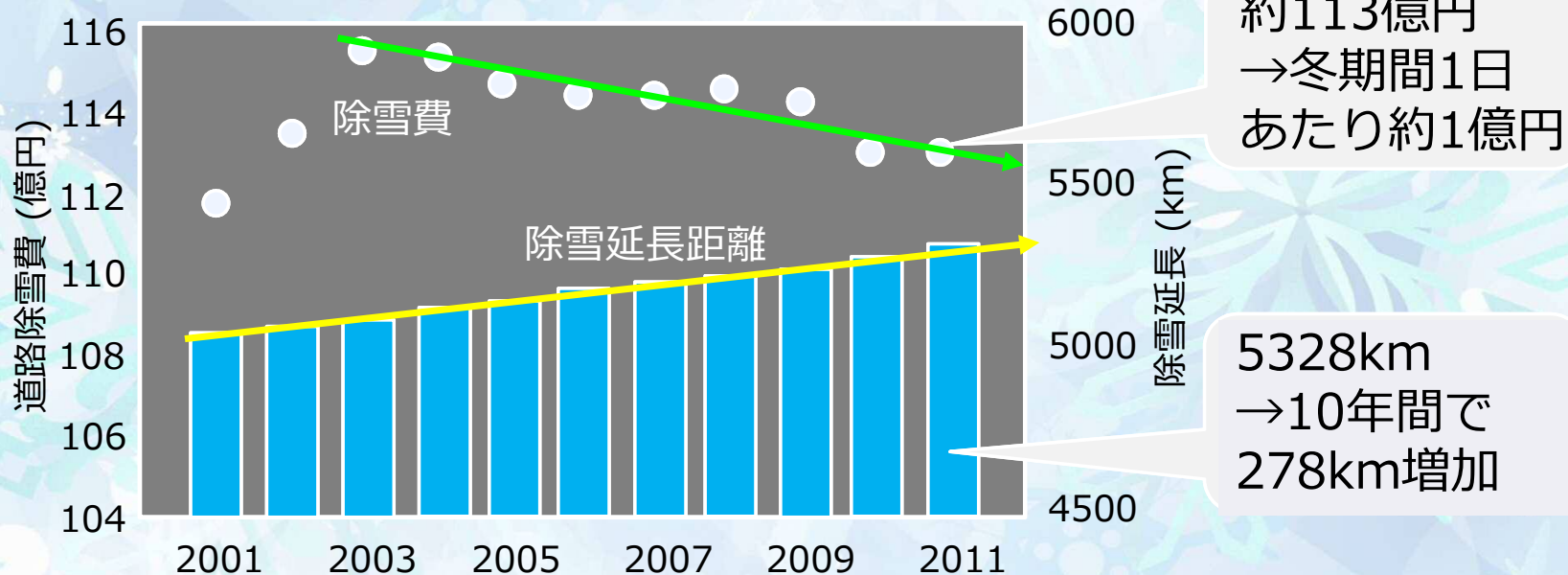
18.75kp - 19.28kp (敦賀トンネル)

日時	2010/01/31 13:01			
気温	1.7°C	最大値 1.8°C	最小値 1.7°C	
路面温度	0.3°C	最大値 0.0°C	最小値 0.0°C	
HFN	46.4	最大値 38.0	最小値 38.0	
積雪深	31.3mm	最大値 39.3mm	最小値 39.0mm	
短波放射	280.2W/m ²	最大値 348.0W/m ²	最小値 346.0W/m ²	
長波放射	270.2W/m ²	最大値 262.0W/m ²	最小値 261.0W/m ²	



2. 研究の背景

- ◆ 積雪寒冷地域では冬期道路管理に係る費用の削減が急務

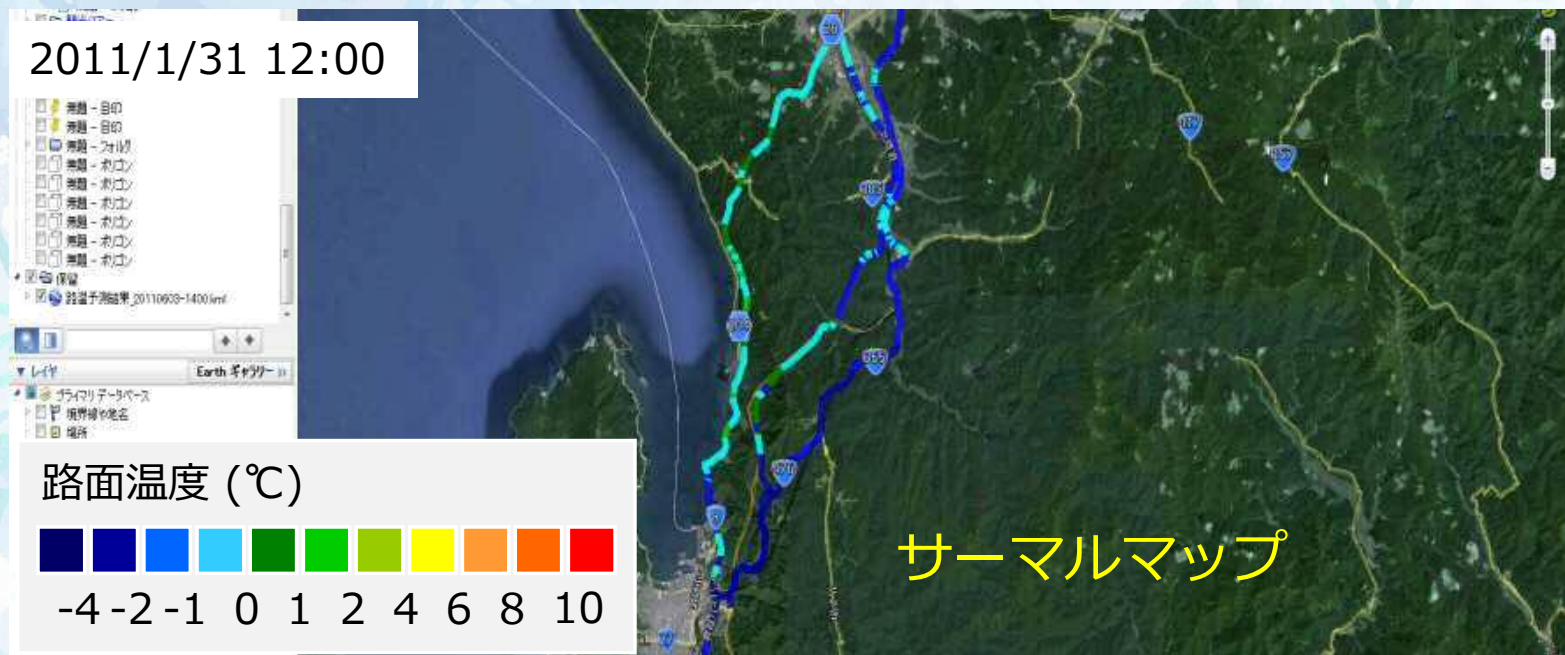


札幌市における道路除雪費および除雪延長の推移

- ◆ 冬期道路サービスレベルの維持と費用削減の両立が必要

2. 研究の最終目標

- ◆ 路線全体にわたる路面温度を予測することが出来れば
冬期道路管理の効率化に貢献



広域路面状態予測モデルの例 (福井県越前市-敦賀市付近)

▶ 広域路面温度予測モデルの運用を目指す

3. 当該研究の背景と目的

背景

上根バイパスは山に囲まれた地域にあり、高架橋、トンネル、橋梁が連続し、冬期には凍結しやすい区間

目的

- 1) どこがどの程度危険なのか？ → サーマルマップと計算で
- 2) 上根バイパス-凍結予測モデルの開発と精度検証

4. サーマルマッピング

4.1 対象区間

R54,上根バイパス(下浜が谷交差点 → 上根交差点)の約4300m



下浜が谷int. (標高=107.3m)

図 4-1-1 下浜が谷交差点～根の谷トンネル

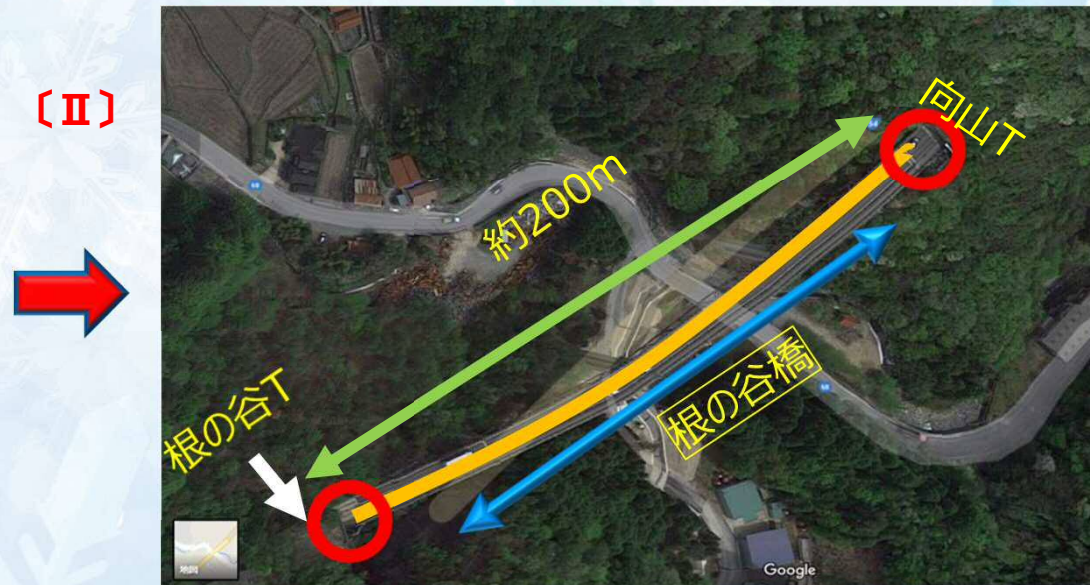
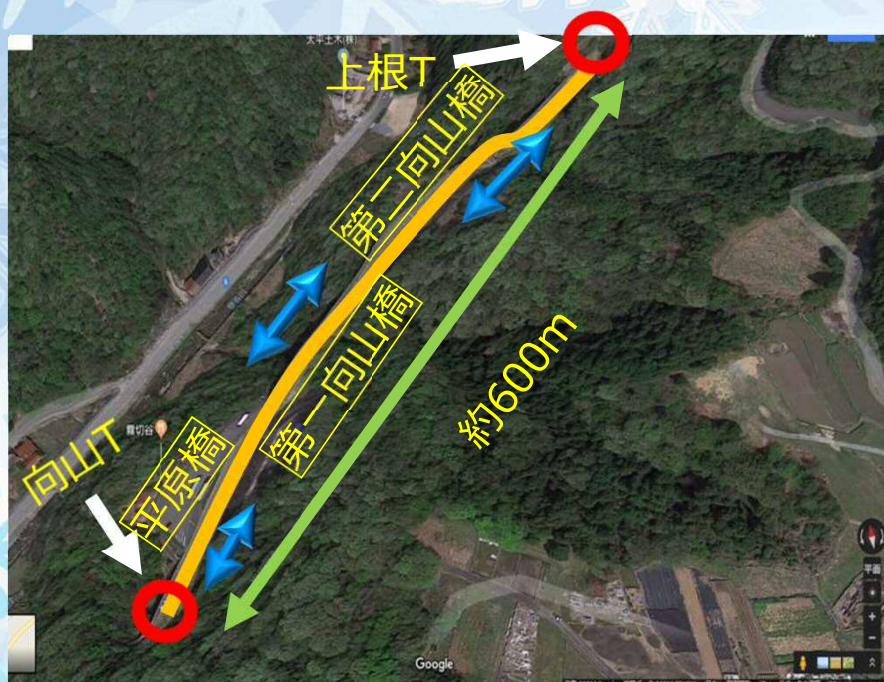
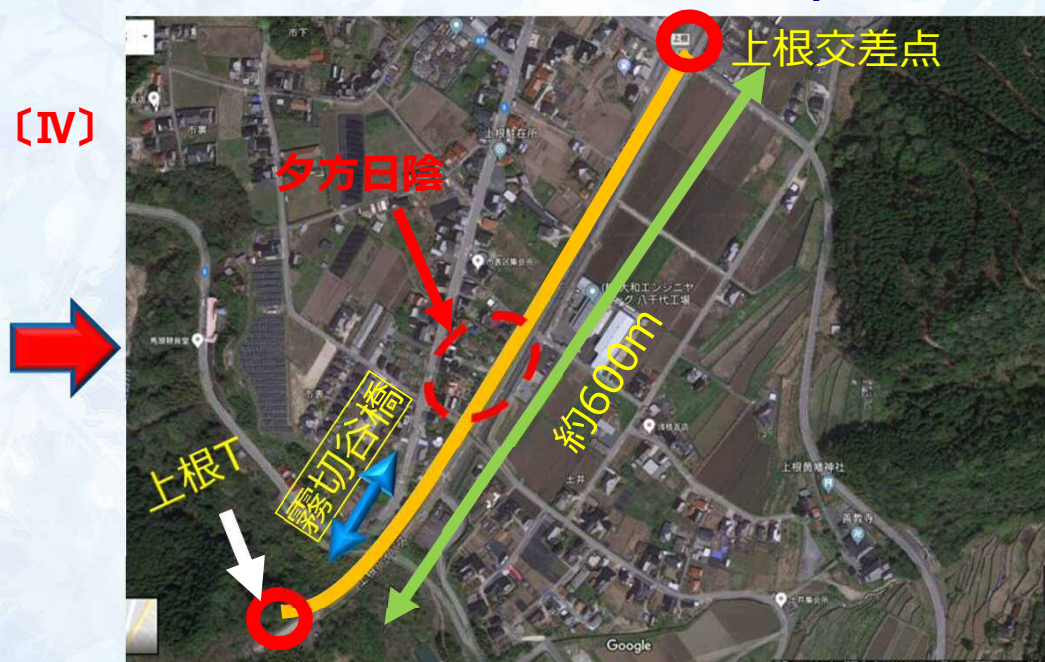


図 4-1-2 根の谷トンネル～向山トンネル

〔Ⅲ〕



〔Ⅳ〕



上根交差点 (標高 = 266m)

図 4-2-3 向山トンネル～上根トンネル

図 4-2-4 上根トンネル～上根交差点

- 特徴
- ▷ 区間の標高差 = 158.7m
 - ▷ 土工部 - 橋 - トンネルの連続
 - ▷ 日陰の発生と消長

4.2 実験装置

測定装置(テコナー製 RC411)

→路面温度(赤外線放射温度計)、水膜厚、摩擦係数



図 4-2-1 放射温度計



図 4-2-2 サーマルマッピング車両

4.3 サーマルマップの改善

ドライブレコーダーによる路面の可視化

→ 計算結果に、日向日陰を重ね合わせ → 妥当性の吟味



図 4-3-1
上根バイパス対象区間

5. 既往の予測手法の特徴

統計的手法

- ▲ 予測モデルの構築が容易
- ▲ 予測に要する時間が短い
- ▼ 道路周辺の地形や構造物(沿道地物)の影響を詳細に評価することが困難
- ▼ 通過車両の影響を詳細に評価することが困難
- ▼ 説明変数として用いる気象データの蓄積が必要(数か月～数年)

熱収支法

- ▲ 説明変数のためのデータ蓄積が不要
- ▲ 沿道地物や通過車両の影響を考慮した路面温度計算が可能
- ▼ 予測に要する時間が長い
- ▼ 沿道地物や通過車両の影響を考慮した予測モデルの構築が困難
- ▼ 沿道地物の影響を評価するために写真撮影などが必要(数週間～数か月)

統計的手法

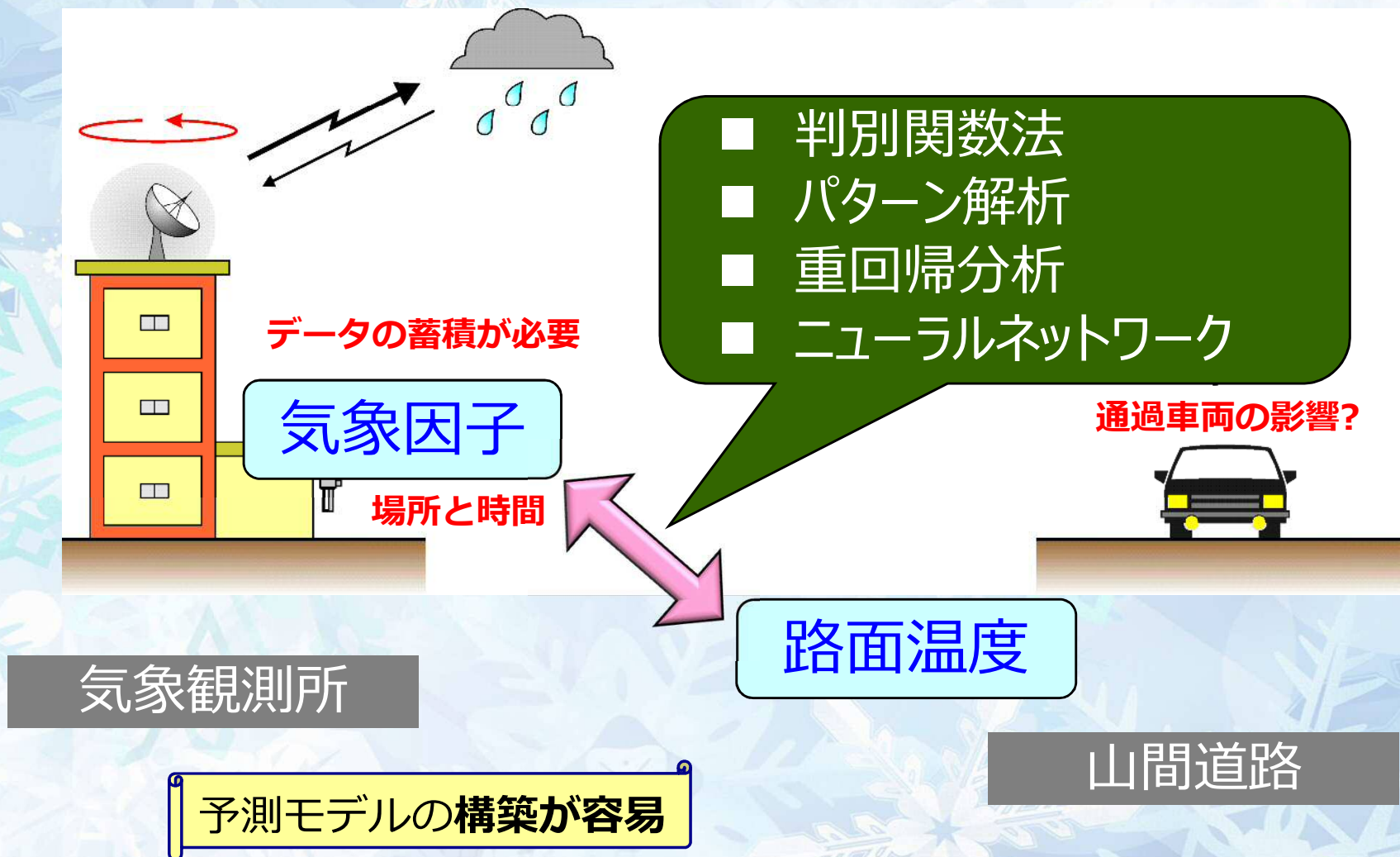
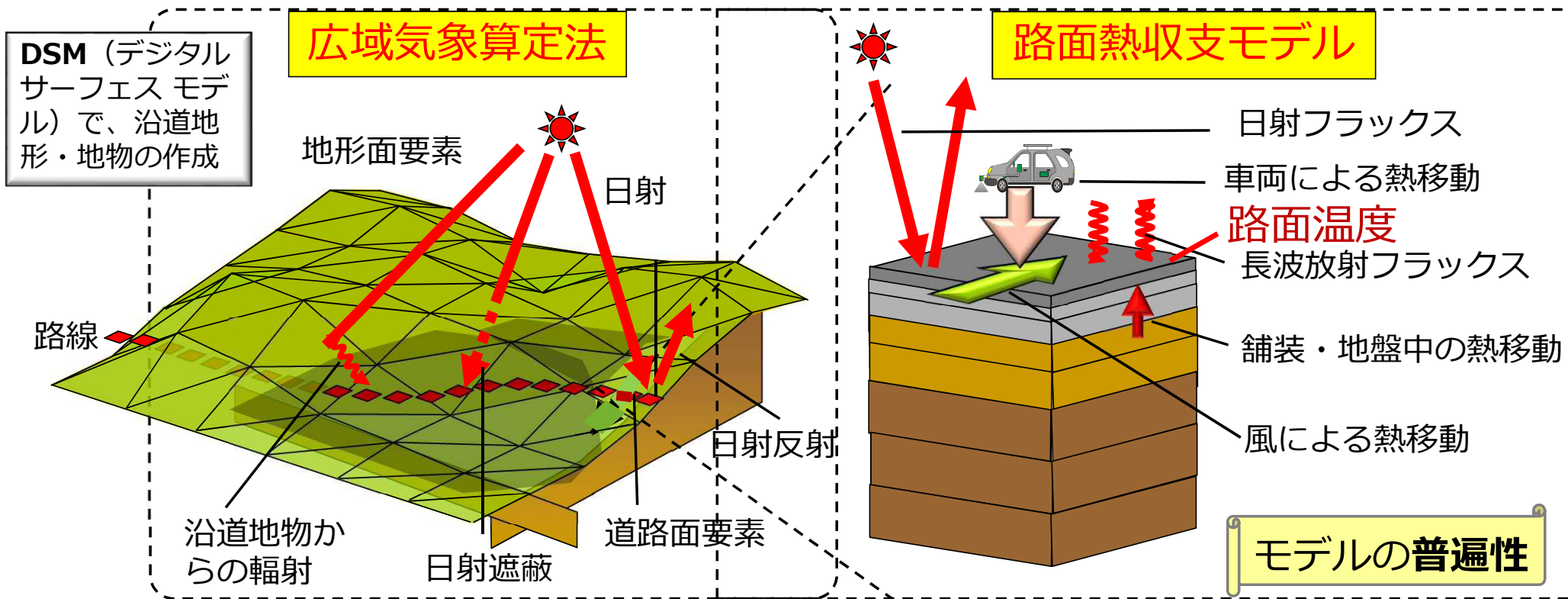


表 5.1 既往の路面温度予測モデルの要約

予測手法	定点路面温度モデル		広域路面温度モデル	
	統計的手法	熱収支法	統計的手法	熱収支法
入力データの入手容易性	説明変数として用いるデータの蓄積が必要	容易	困難	沿道地形形状の撮影が必要
人為的要因の考慮	困難	一部モデルで考慮	困難	一部モデルで考慮
地形の考慮	間接的に考慮	一部モデルで考慮	困難	一部モデルで考慮
予測に要する時間	実用上問題なし	実用上問題なし	実用上問題なし	予測対象路線の距離に依存
道路管理への適用性	可能(狭い範囲)	可能(狭い範囲)	可能性あり	可能性あり

6. 広域路面温度予測モデル 熱収支法

▶ 本研究では、上根バイパス用の広域気象算定法に路面熱収支モデルを組み合わせることで広域路面温度予測モデルを開発



6. 広域路面温度予測モデル

- 広域気象算定法の概要 -

日射

- ◆ 直達日射
- ◆ 散乱日射 (天空日射)
- ◆ 反射日射
- ✓ ◆ 地形・車両等による日射遮蔽

長波放射

- ◆ 天空からの長波放射
- ◆ 沿道地物からの輻射
- ◆ 車両底面からの輻射

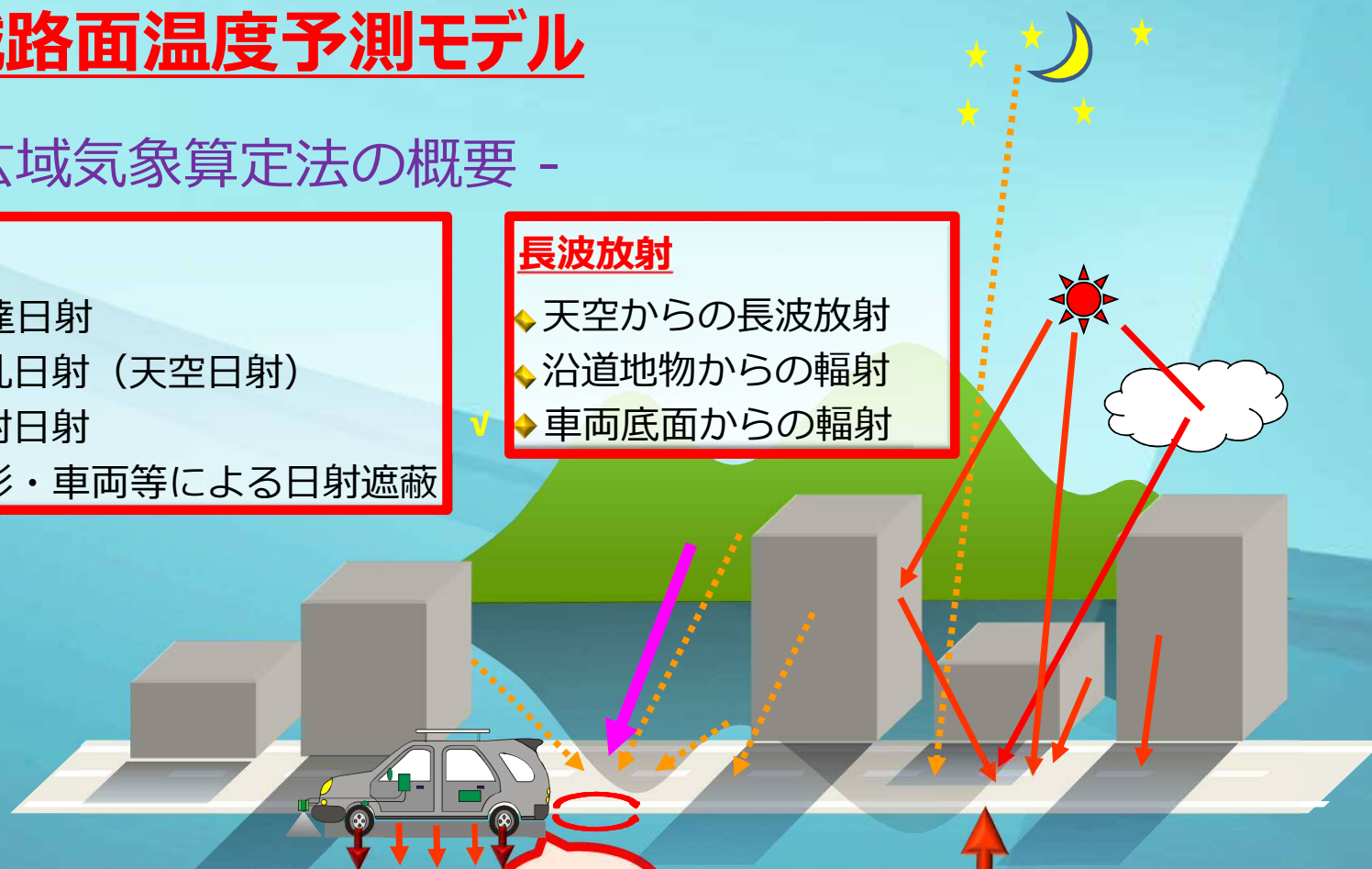
伝達熱

- ◆ 自然風による顕熱移動 (路面-大気間)
- ✓ ◆ 車両通過風に伴う顕熱移動

車両熱

伝導熱

- ◆ 地盤中および舗装-路面上の水分間の伝導熱
- ✓ ◆ 舗装表面-タイヤ間の伝導熱



7. 研究結果

7.1 夏期の実測値と計算値

(2019年9月13日のサーマルマップ)

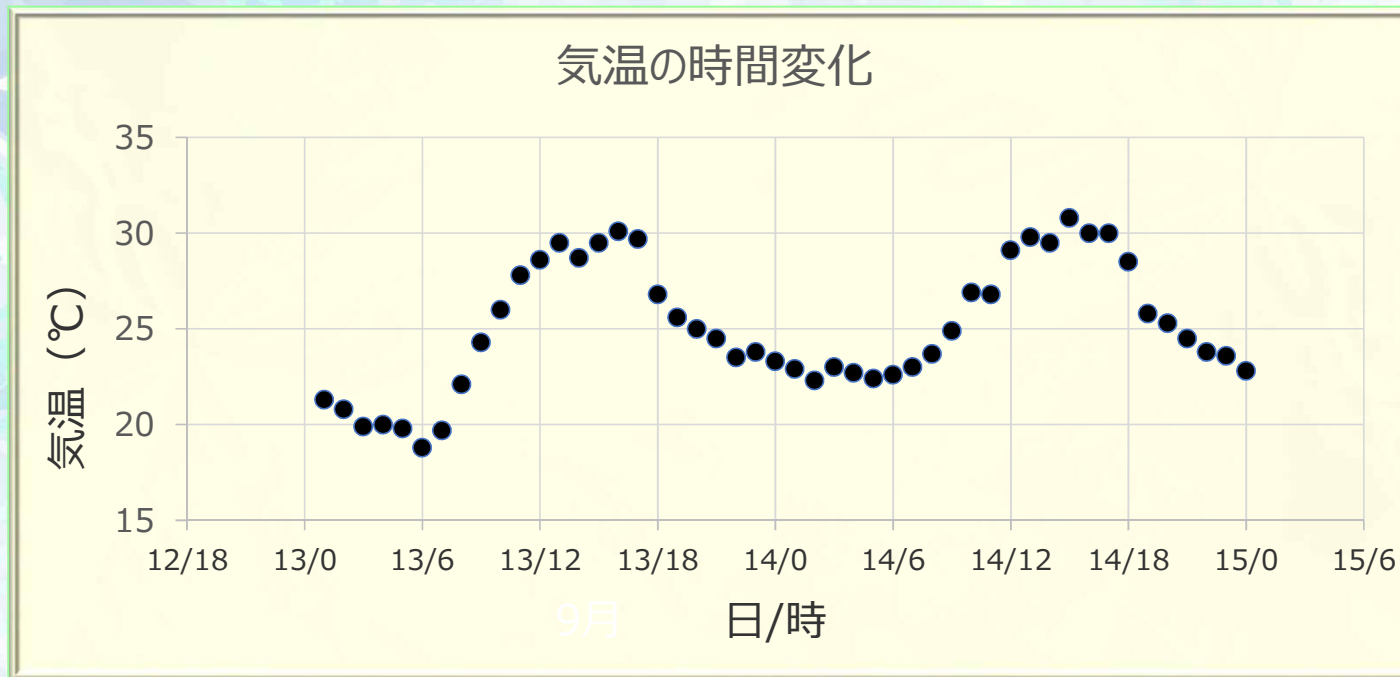
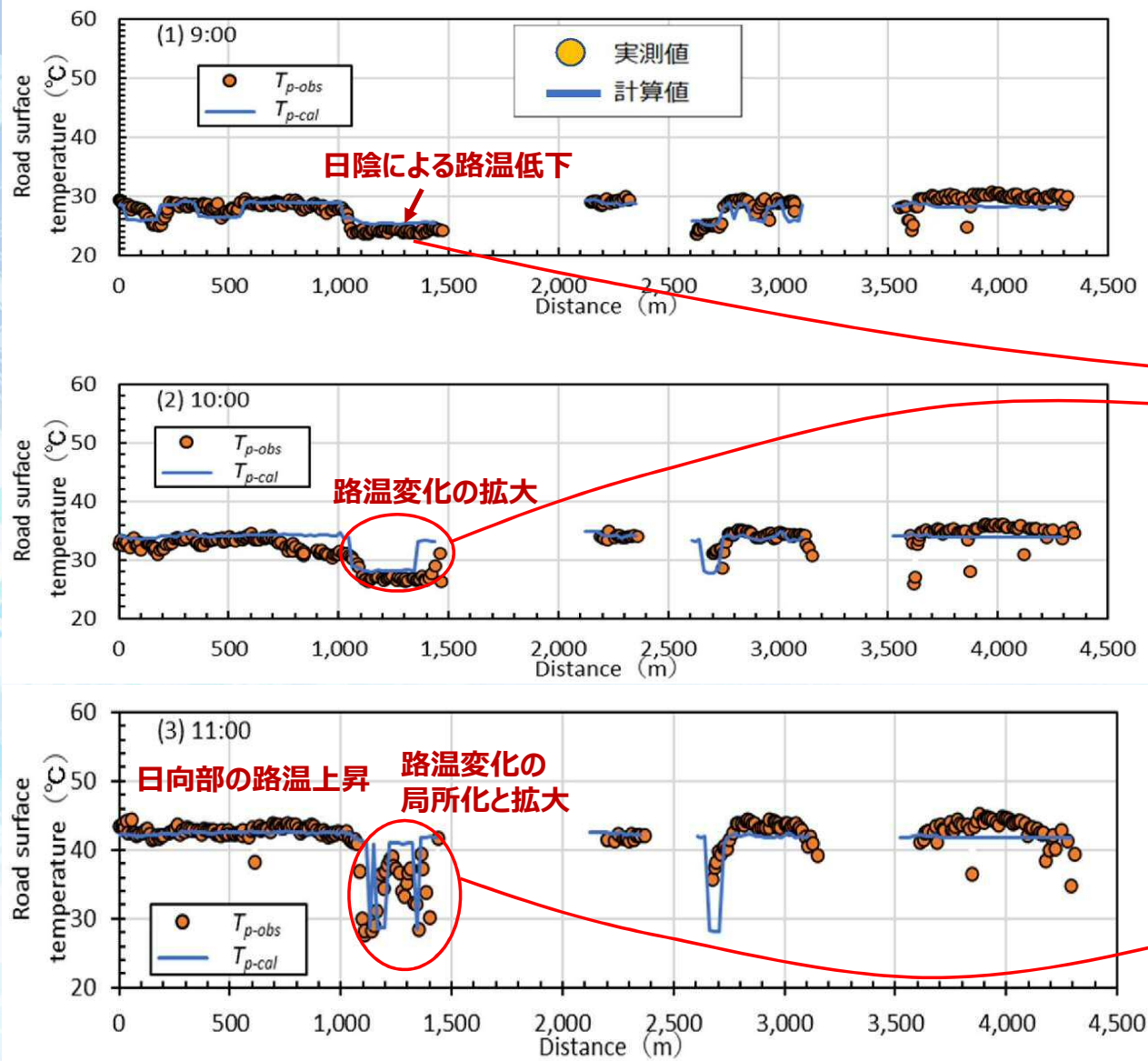
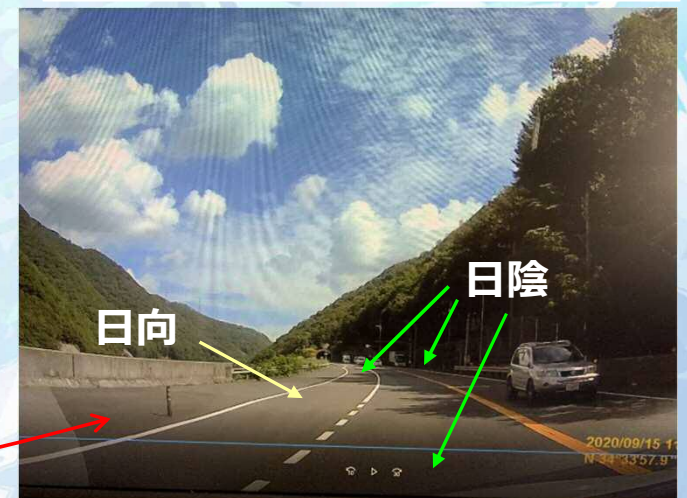


図 7-1-1 サーマルマッピング時期の気温変化

(2019年9月13日1:00から9月15日)



山岳地形による日陰(道路全域)



山岳地形による日陰(部分的)

図 7-1-2 路面温度の実測値と計算値の比較 (2019年9月13日9:00~11:00)

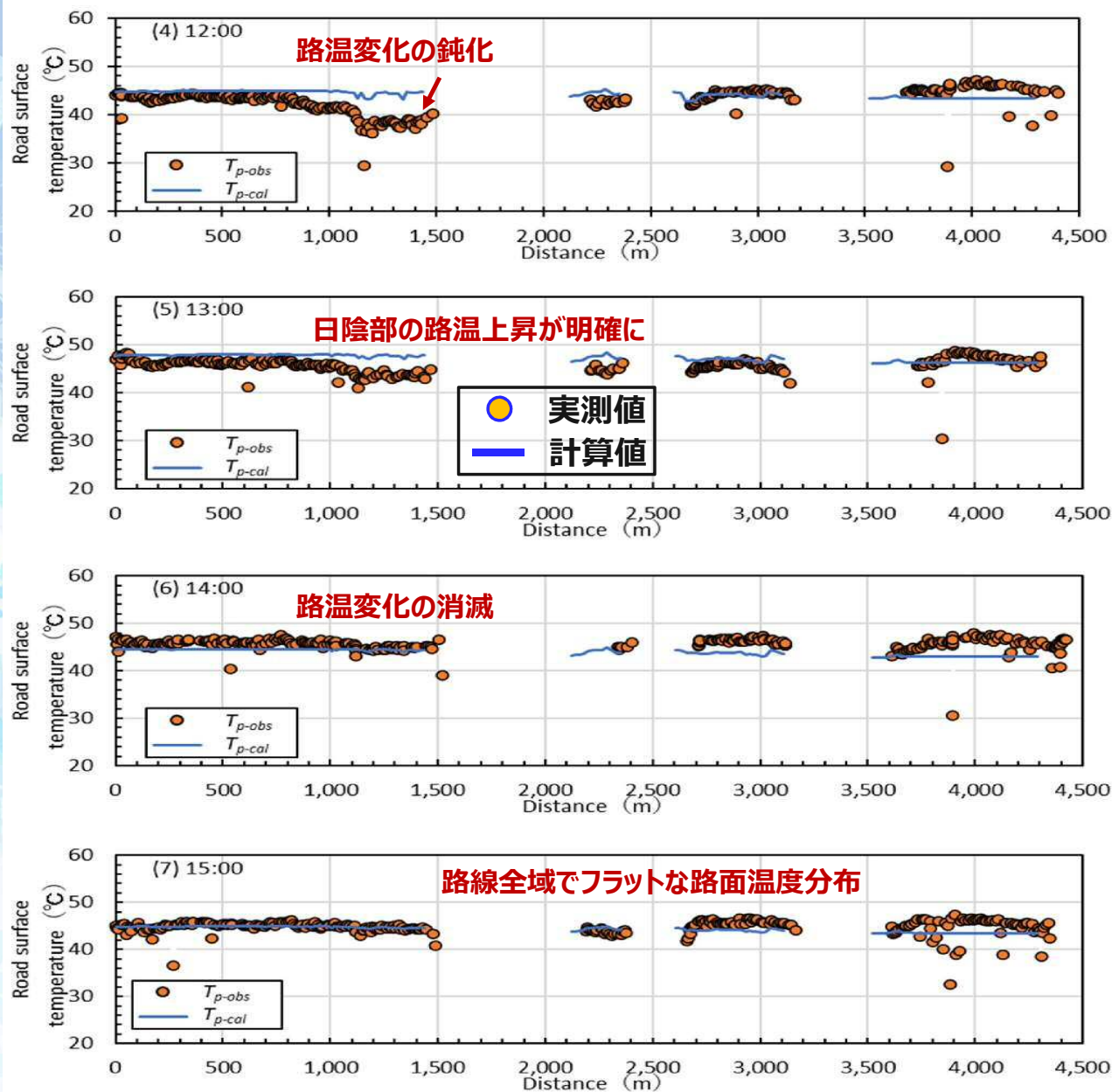
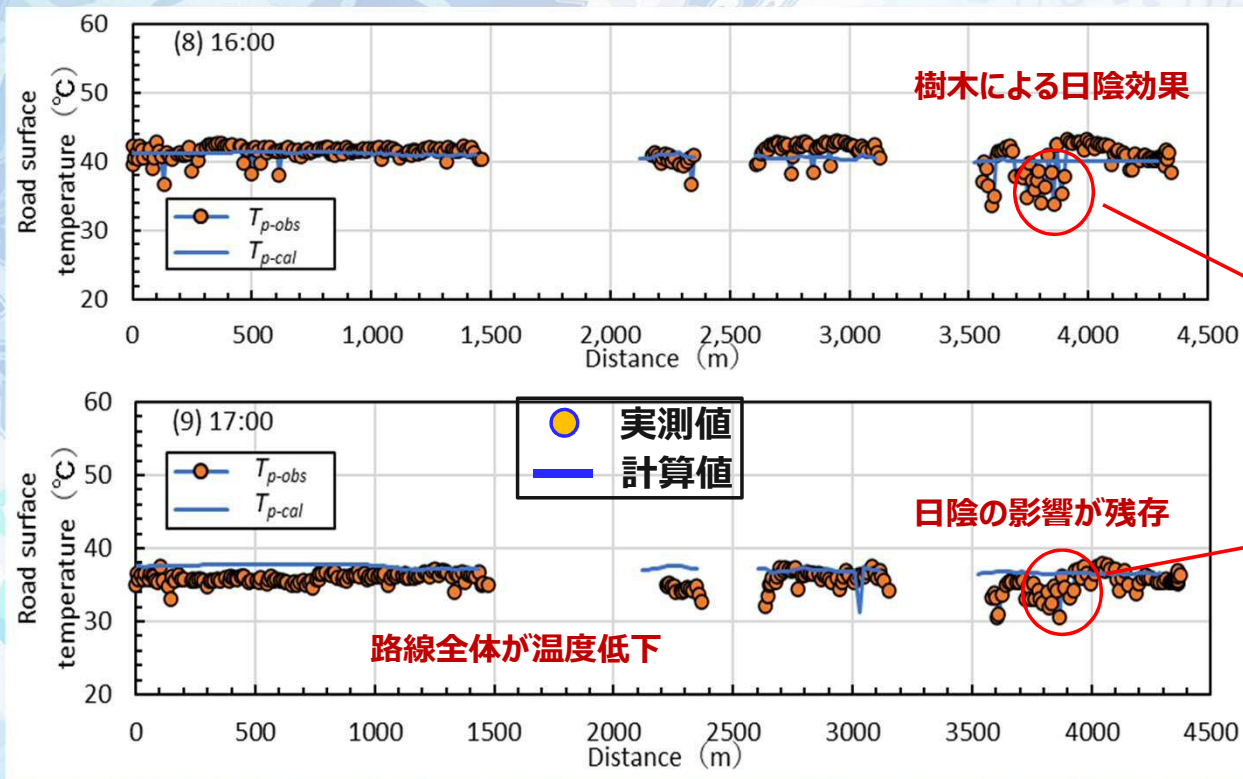


図 7.2 路面温度の実測値と計算値の比較

(2019年9月13日12:00～
9月13日15:00)



沿道樹木による日陰

図 7-1-3 路面温度の実測値と計算値の比較
(2019年9月13日16:00~17:00)

7. 研究結果

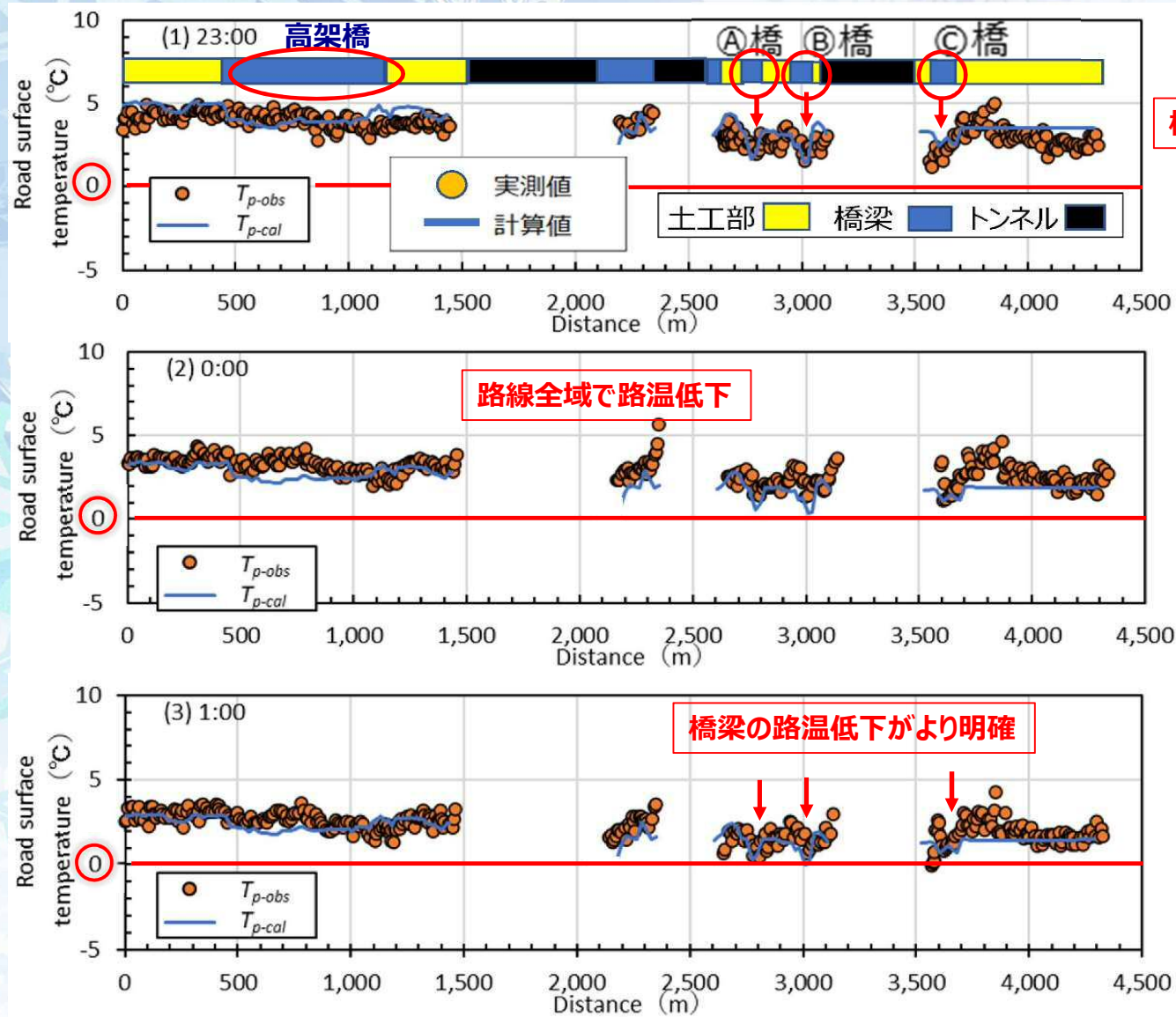
7.2 冬期の実測値と計算値

(2020年1月18日のサーマルマップ°)



図 7-2-1 サーマルマッピング時期の気温変化

(2020年1月17日23:00~1月19日12:00)



橋梁での路温低下が既に発生



図 7-2-2 路面温度の実測値と計算値の比較 (2020年1月18日23:00から1月19日1:00)

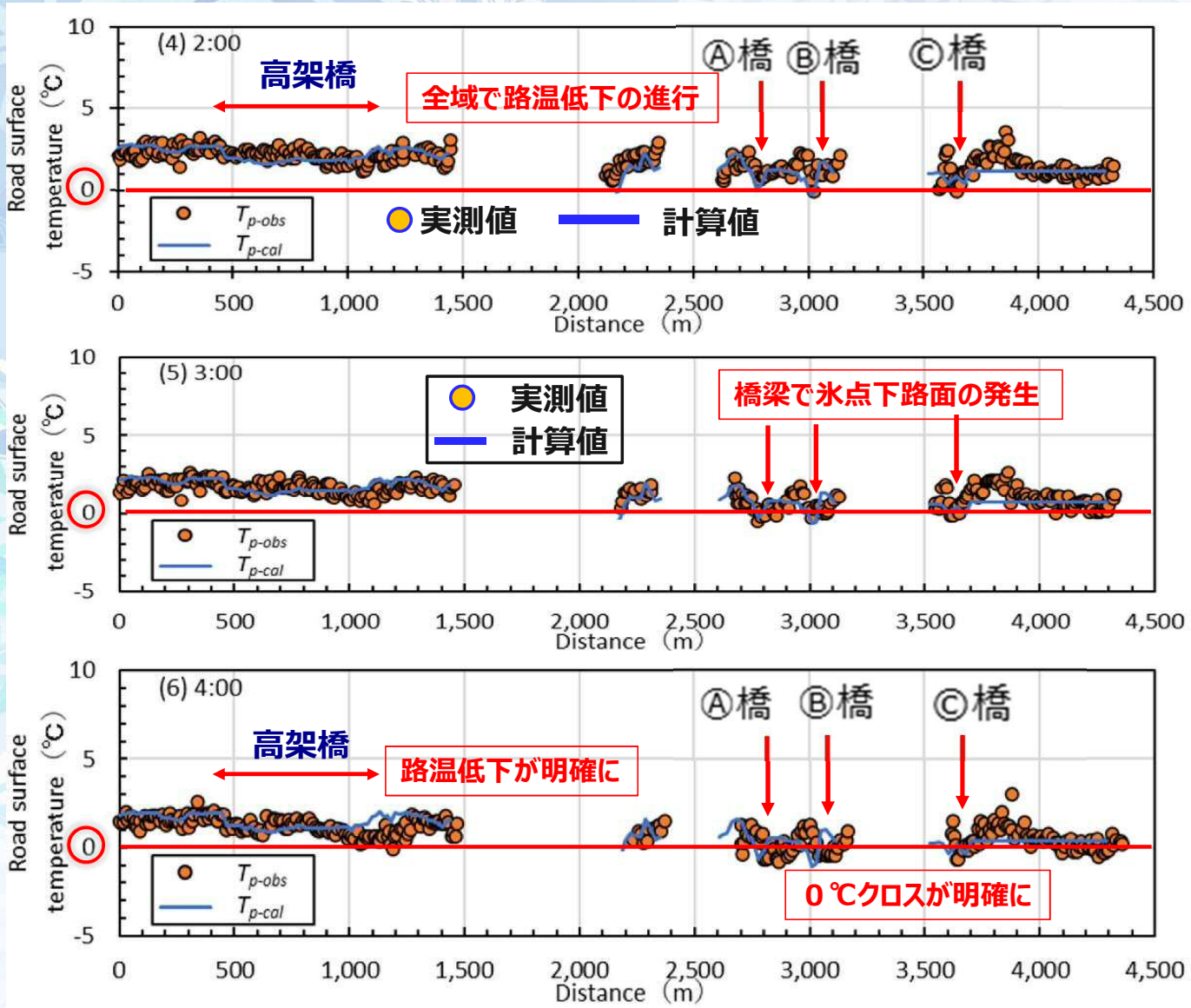
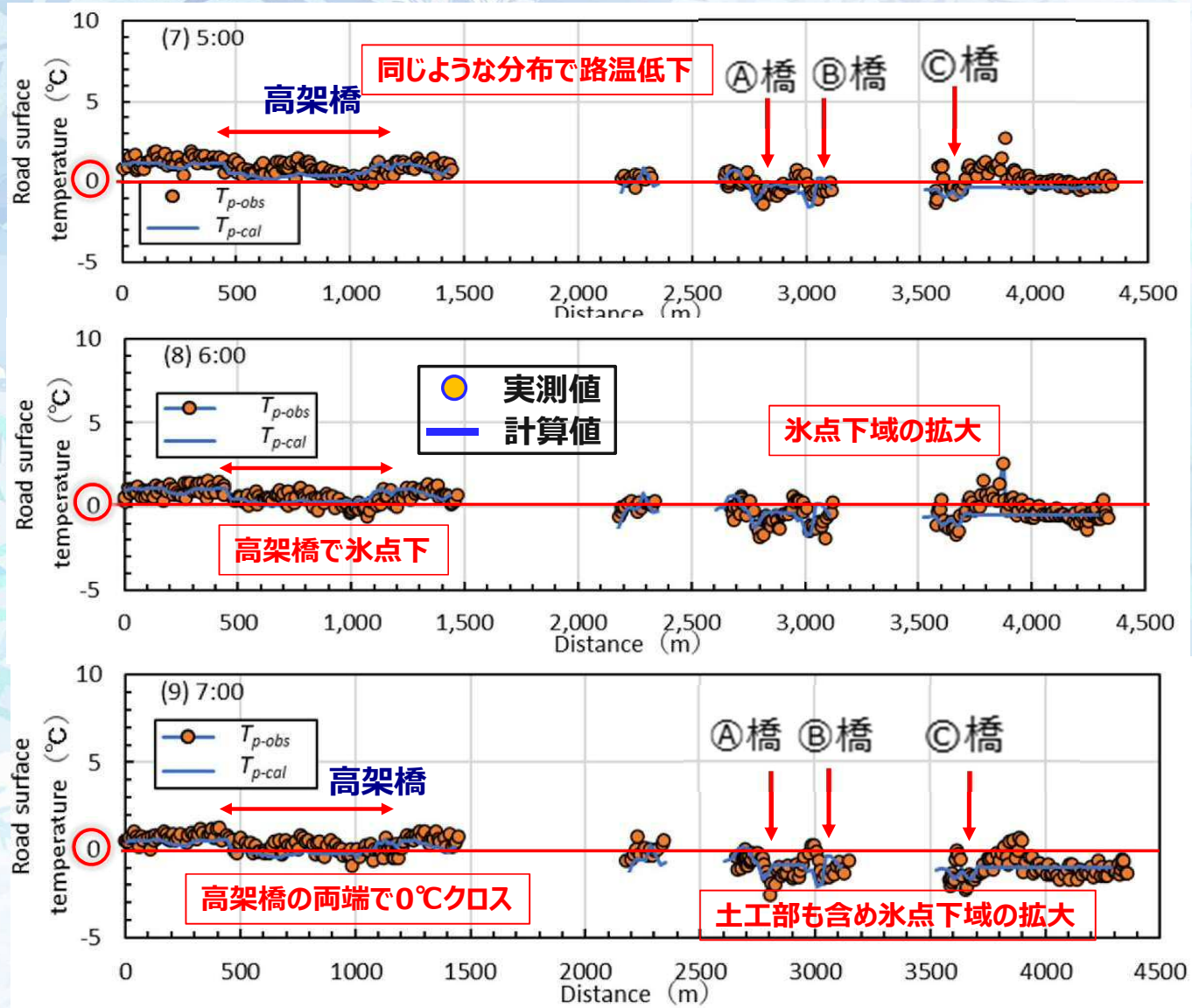


図 7-2-3 路面温度の実測値と計算値の比較 (2020年1月19日2:00~4:00)



結果

出勤時間に向かうにつれ、
事故の危険性は上昇

図 7-2-4 路面温度の実測値と計算値の比較 (2020年1月19日5:00~7:00)

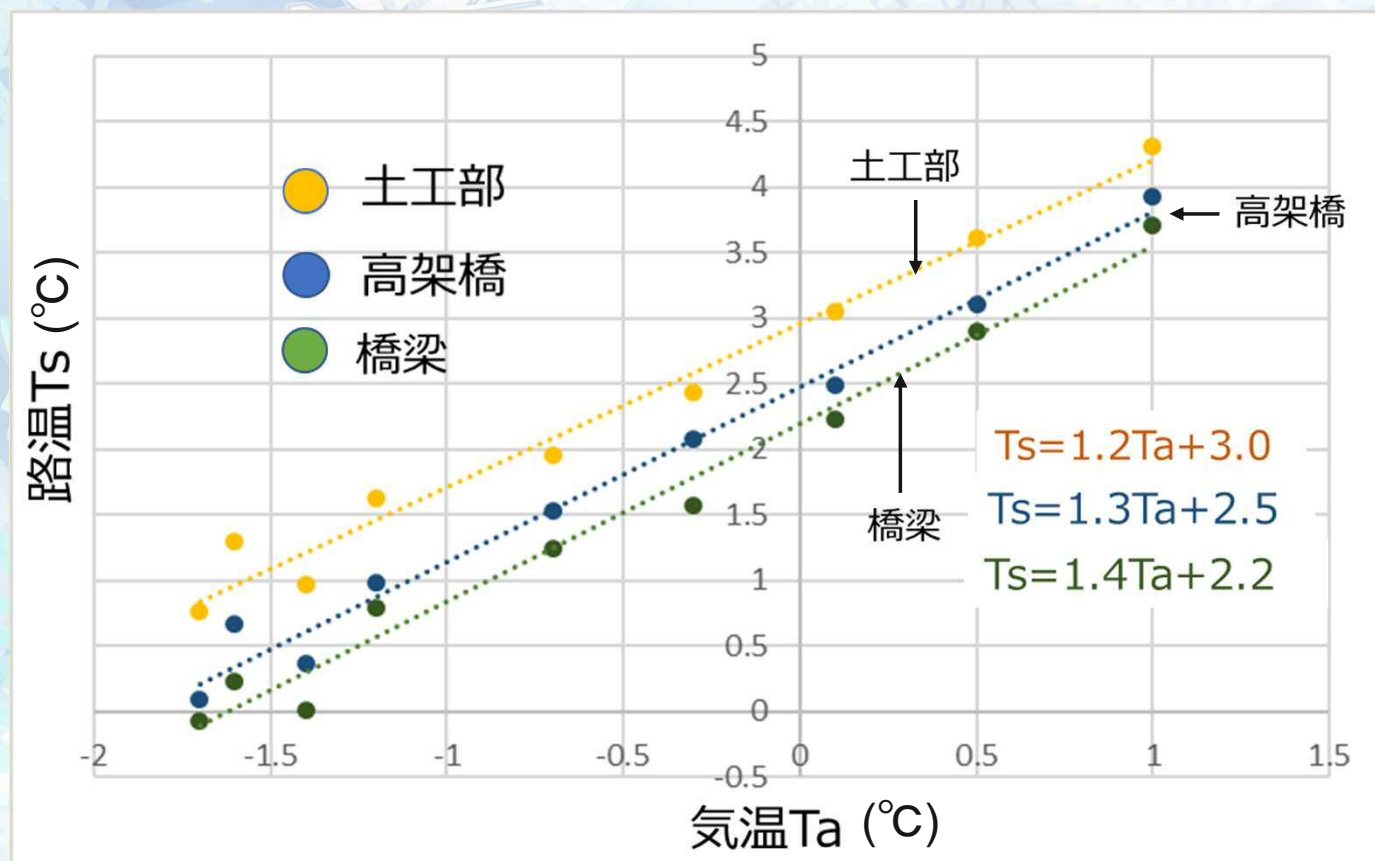


図 7-2-5 土工部、高架橋、橋梁の平均路温 T_s と気温 T_a の関係 (三入気象台)

〔結果〕

- 計算は実測値を良好に再現、路温は**土工部** → **高架橋** → **橋梁**の順に低下
- **土工部** と橋梁の路温差 $\approx 1^\circ\text{C}$

※本特徴は1月18日、2月19日のサーマルマップでも確認

8. 結論

- 1) 午前の日陰は山岳地形に、他方夕方に現れた日陰は沿道樹木に起因.
- 2) 土工部、高架橋、橋梁の順に路温は低下しやすい. 特に第一向山橋、第二向山橋、霧切谷橋での路温低下が著しく、凍結しやすい**コールドスポット**.
- 3) 路温誤差を他のモデル結果と比較すると、同程度もしくは良好な結果.
- 4) 昼間と夜間で計算誤差を比較すると、夜間で誤差は小さい.
- 5) 計算では沿道樹木等で再現できない部分があり、更なる検証が必要.

謝 意

本研究は、一般社団法人中国建設弘済会が実施する技術開発支援事業を受けて行われた。

また、共同研究パートナーの（株）建設技術研究所、サーマルマッピングの実施に当たり支援して頂いた中国地方整備局 広島国道事務所 可部国道出張所、および（株）フジタ道路の関係各位に謝意を表す。