

地理情報を活用した サプライ・チェーン・リスク の評価

第二回サプライ・チェーン・リスク管理と
人道支援ロジスティクスセミナー
2013/9/25(水)
東京海洋大学

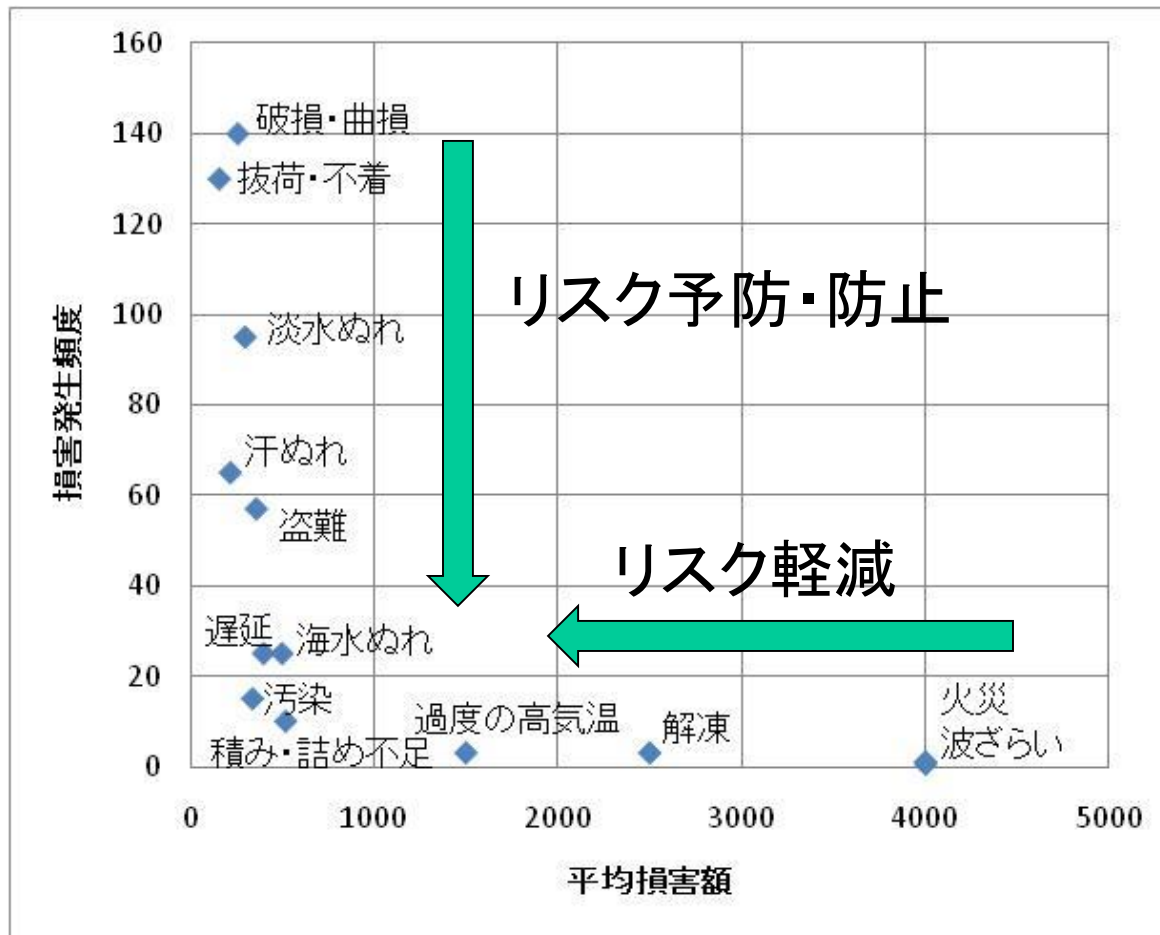
渡部大輔(東京海洋大学)

サプライ・チェーン・リスクの評価

- ・ 近年の経済のグローバル化により、陸・海・空の国際物流ネットワークを駆使したサプライチェーンが構築されている。輸送包装の設計において、輸送中の貨物が振動、衝撃、圧縮、温度、湿度などの外力をどの程度受けているのかを把握するために、世界的な輸送ルートにおける輸送環境の調査を行うことが必要不可欠である。
- ・ 一方、情報通信技術の進化に伴い、衝撃加速度や温度・湿度などの輸送環境を記録するデータロガーの小型化・大容量化が進むとともに、人工衛星を利用したGPSにより全世界的に位置情報の取得が可能となった。そして、市販されている製品を用いることで、「いつ、どこで、どのような」環境で輸送されてきたのかを、安価かつ容易に把握することが可能となった。
- ・ 本研究では、ロジスティクスに関するインフラストラクチャーの整備水準に関する公的統計データとともに、東南アジアにおける走行実験により得られた輸送環境データを用いて、地図上に輸送環境を「見える化」することで、輸送上の問題地点の抽出や区間毎の評価を行なう。

サプライ・チェーン・リスクの評価

- コンテナ貨物の物流リスク: 損害額と頻度の関係

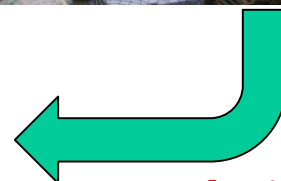
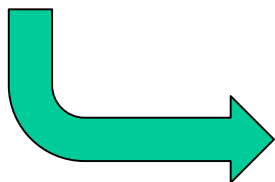


経済のグローバル化

- ASEAN域内における物流システム
 - 海上輸送と航空輸送→陸路でつながっているメコン地域において、トラック輸送の活用注目
 - トラック輸送：海上輸送に比べると所要時間が早く、航空輸送に比べると運賃が安く、少量多頻度の運行が可能



高速



安価
環境負荷低

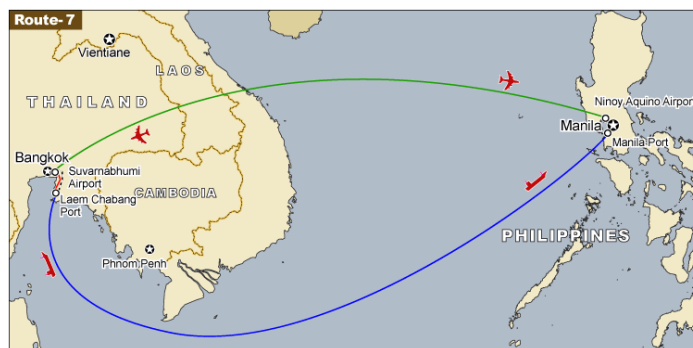
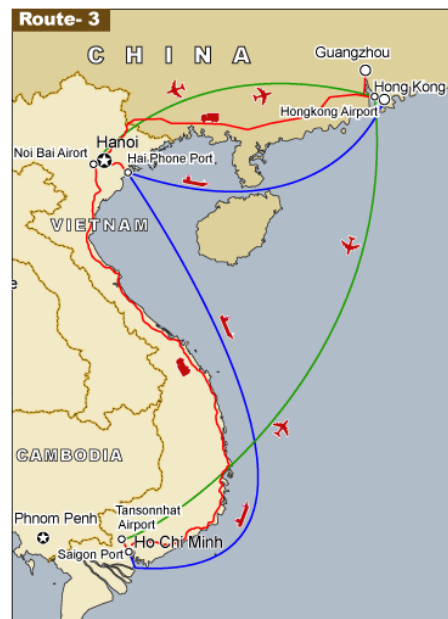
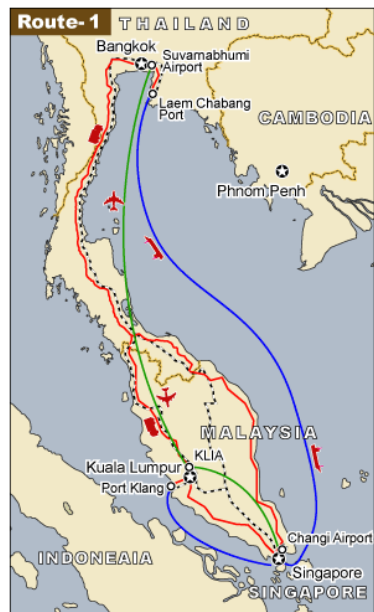
経済のグローバル化

- ASEAN域内における物流システム

- トラックによるトライアル走行調査(2007-08年):域内の主要区間について、船舶と航空に対する速達性や経済性を中心に運行の可能性について報告



経済のグローバル化



Japan External Trade Organization: ASEAN Logistic Network Map 2nd Edition, 2009.

陸路による越境物流ルート

- 日本通運 (Nippon Express)
 - SS7000: S

hang

shai-Guangzhou-Hanoi-Laos-Bangkok-S

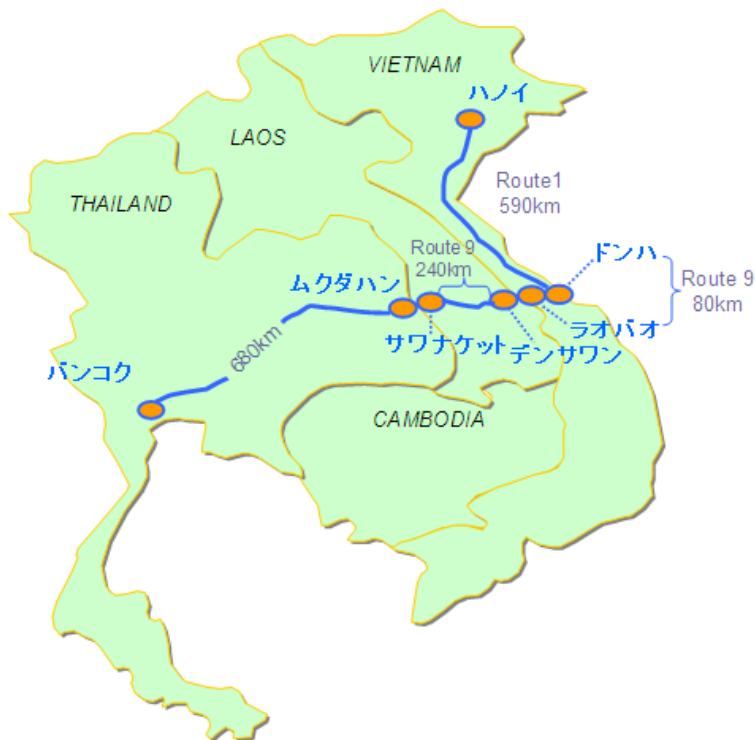
ingapore



	Distance	Day
Shanghai-Guangzhou	2,000km	2days
Guangzhou-Hanoi	1,500km	2days
Hanoi-Laos-Bangkok	1,500km	3days
Bangkok-Singapore	2,000km	3days
Bangkok-HCMC	850km	3days

陸路による越境物流ルート

- ・ 山九(SANKYU, Inc)
 - ・ Bangkok-Laos-Hanoi
 - ・ Bangkok-Phnom Penh-Ho Chi Minh City



陸路による越境物流ルート

- 日新 (NISSHIN)
 - Bangkok-Laos-Hanoi, Bangkok-Laos-Hanoi
 - Bangkok-Kuala Lumpur-Singapore

MEKONG LAND BRIDGE (MLB) サービス



公的機関データによる分析

LPI

- ・ LPI(Logistics Performance Index)
 - 世界銀行が発行しているロジスティクスに関する国際指標
 - 世界155ヶ国の順位とスコアを公表→130ヶ国の物流業者やフレイトフォワードナー1,000人を対象したアンケート、5段階評価(最大5、最少1)
 - 評価指標:通関、インフラ、貨物発送手配、ロジスティクス品質、貨物追跡、適時性
 - 調査年次:2007年、2010年、2012年



順位	国名	LPI2012
1	シンガポール	4.13
2	香港	4.12
3	フィンランド	4.05
4	ドイツ	4.03
5	オランダ	4.02
6	デンマーク	4.02
7	ベルギー	3.98
8	日本	3.93
9	アメリカ	3.93
10	イギリス	3.9
	:	
155	ブルンジ	1.61

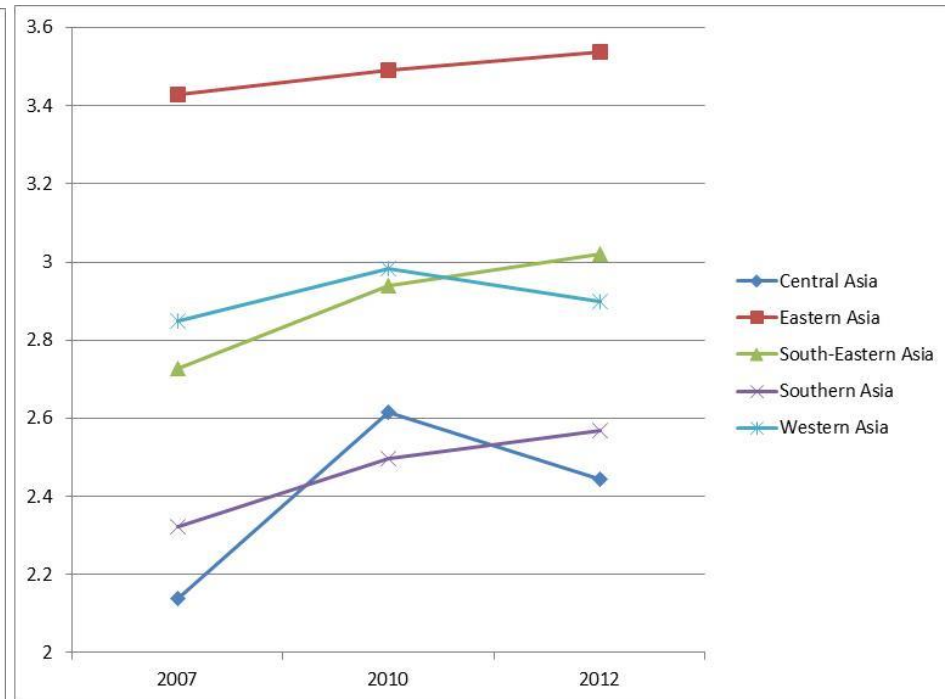
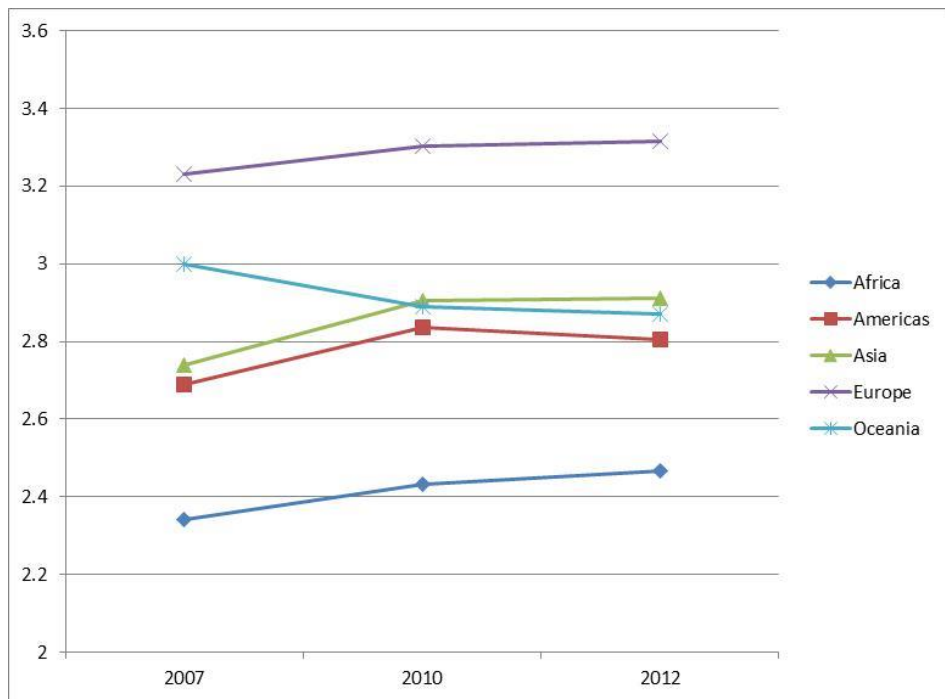
LPI

- LPIの評価指標

Customs (通関)	The efficiency of the clearance process(speed, simplicity, and predictability of formalities) by border control agencies, including customs
Infrastructure (インフラ)	The quality of trade- and transport-related infrastructure (ports, railroads, roads, information technology).
International shipments (貨物発送手配)	The ease of arranging competitively priced shipments.
Logistics competence (ロジスティクス品質)	The competence and quality of logistics services (transport operators, customs brokers).
Tracking & tracing (貨物追跡)	The ability to track and trace consignments.
Timeliness (適時性)	The frequency with which shipments reach the consignee within the scheduled or expected delivery time.

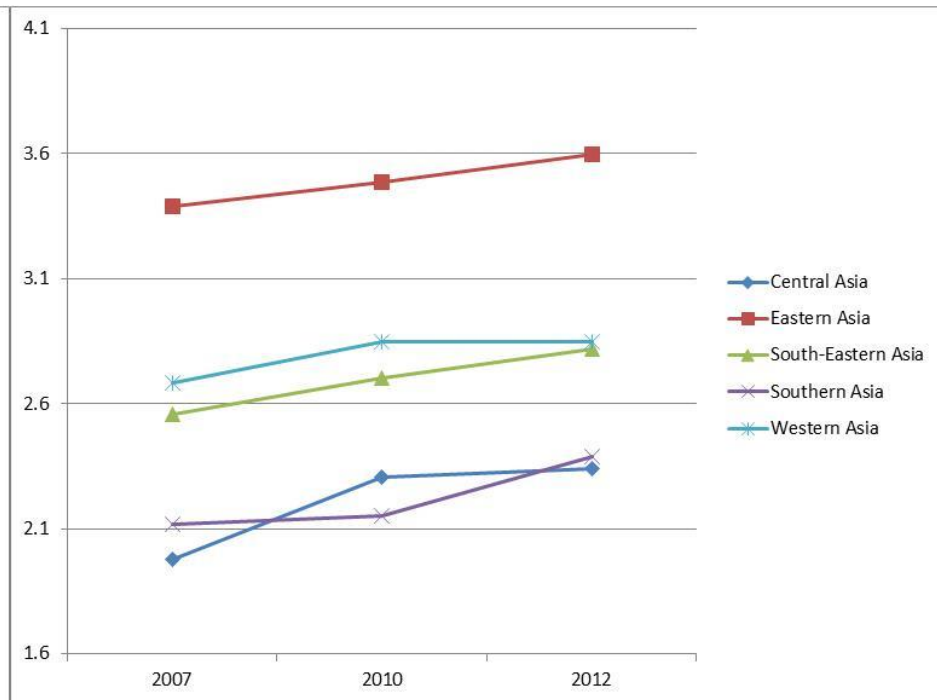
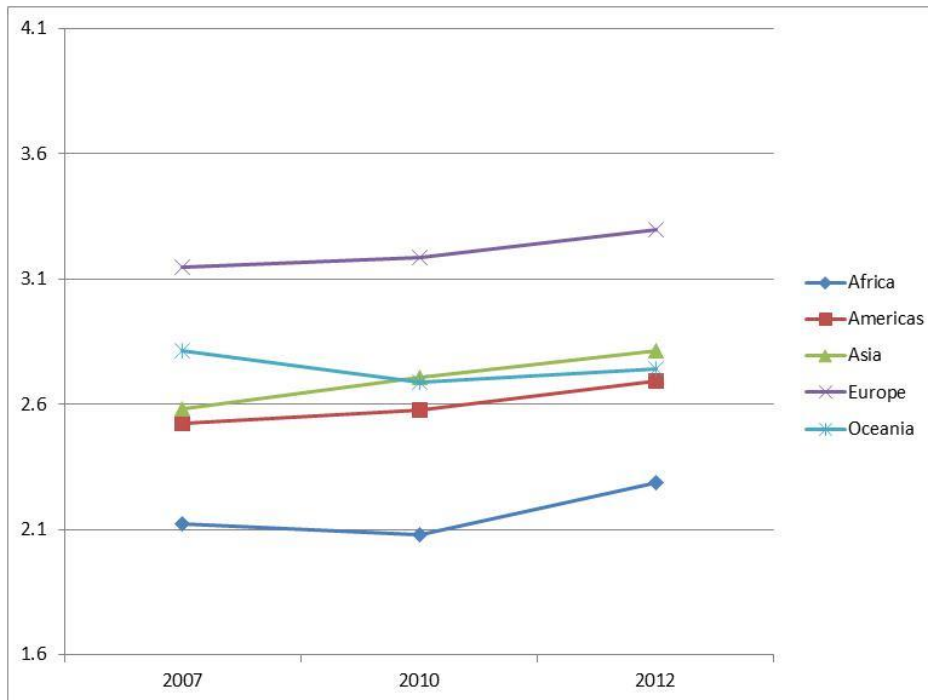
LPI

- ・ LPI スコア (2007年、2010年、2012)
 - 大陸間比較: Europe>>Asia>Oceania>Americas>>Africa
 - アジア域内比較: Eastern>>South-Eastern>Western>>Southern>Central



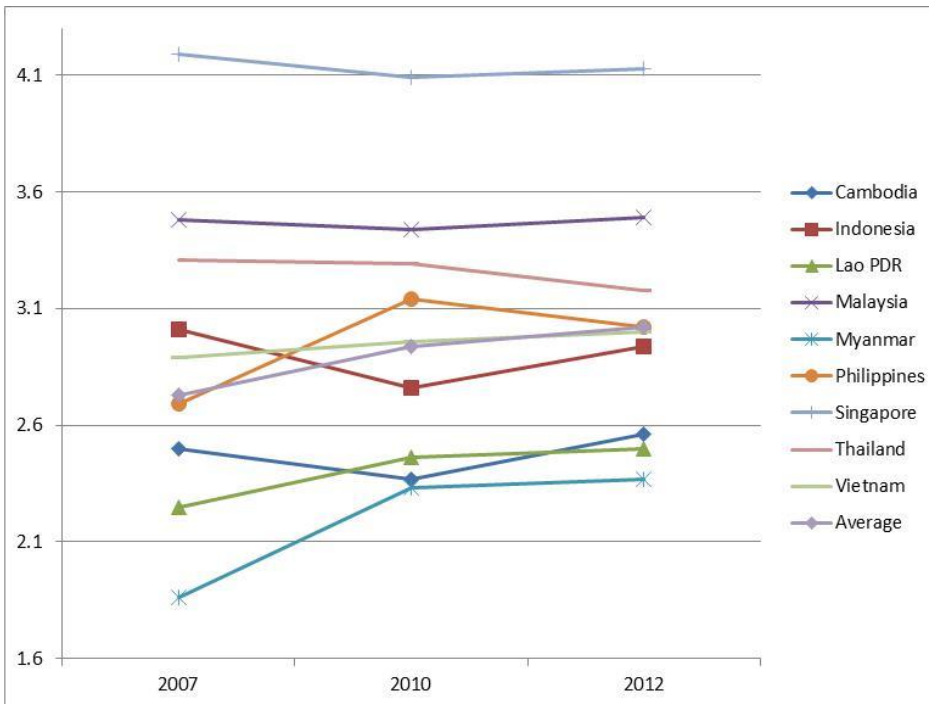
LPI

- ・ LPI スコア (2007年、2010年、2012年) : インフラ
 - 大陸間比較: Europe>>Asia>Oceania>Americas>>Africa
 - アジア域内比較: Eastern>>Western>South-Eastern>>Southern>Central

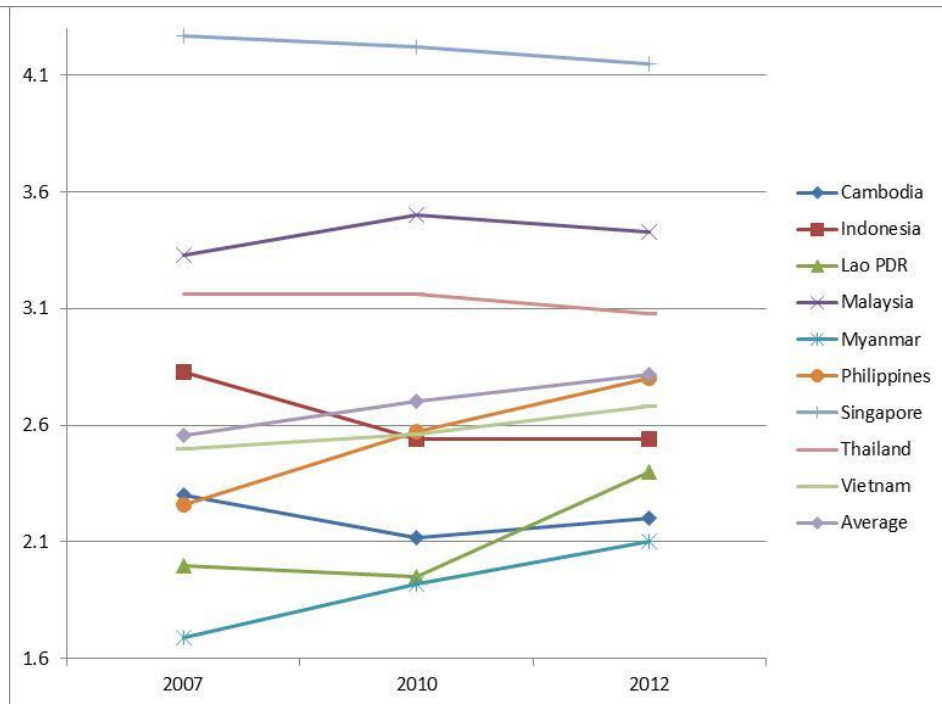


LPI

- ・ LPI スコア (2007年、2010年、2012) : アジア国間比較
 - LPIスコア : SG>>MY,TH,PH,VN,ID>>KH,LA,MM
 - LPI スコア (インフラ): LA(ラオス) が2012に上昇



LPI(Total)



LPI(Infrastructure)

LPI

- International LPI: アジア主要国、2012年
 - ラオス、カンボジア、ミャンマー:「インフラ」の評価が非常に低い

順位	国名	LPI2012	通関	インフラ	貨物発送手配	ロジスティクス品質	貨物追跡	適時性
1	シンガポール	4.13	4.1	4.15	3.99	4.07	4.07	4.39
2	香港	4.12	3.97	4.12	4.18	4.08	4.09	4.28
8	日本	3.93	3.72	4.11	3.61	3.97	4.03	4.21
19	台湾	3.71	3.42	3.77	3.58	3.68	3.72	4.1
21	韓国	3.7	3.42	3.74	3.67	3.65	3.68	4.02
26	中国	3.52	3.25	3.61	3.46	3.47	3.52	3.8
29	マレーシア	3.49	3.28	3.43	3.4	3.45	3.54	3.86
38	タイ	3.18	2.96	3.08	3.21	2.98	3.18	3.63
52	フィリピン	3.02	2.62	2.8	2.97	3.14	3.3	3.3
53	ベトナム	3	2.65	2.68	3.14	2.68	3.16	3.64
59	インドネシア	2.94	2.53	2.54	2.97	2.85	3.12	3.61
101	カンボジア	2.56	2.3	2.2	2.61	2.5	2.77	2.95
109	ラオス	2.5	2.38	2.4	2.4	2.49	2.49	2.82
129	ミャンマー	2.37	2.24	2.1	2.47	2.42	2.34	2.59

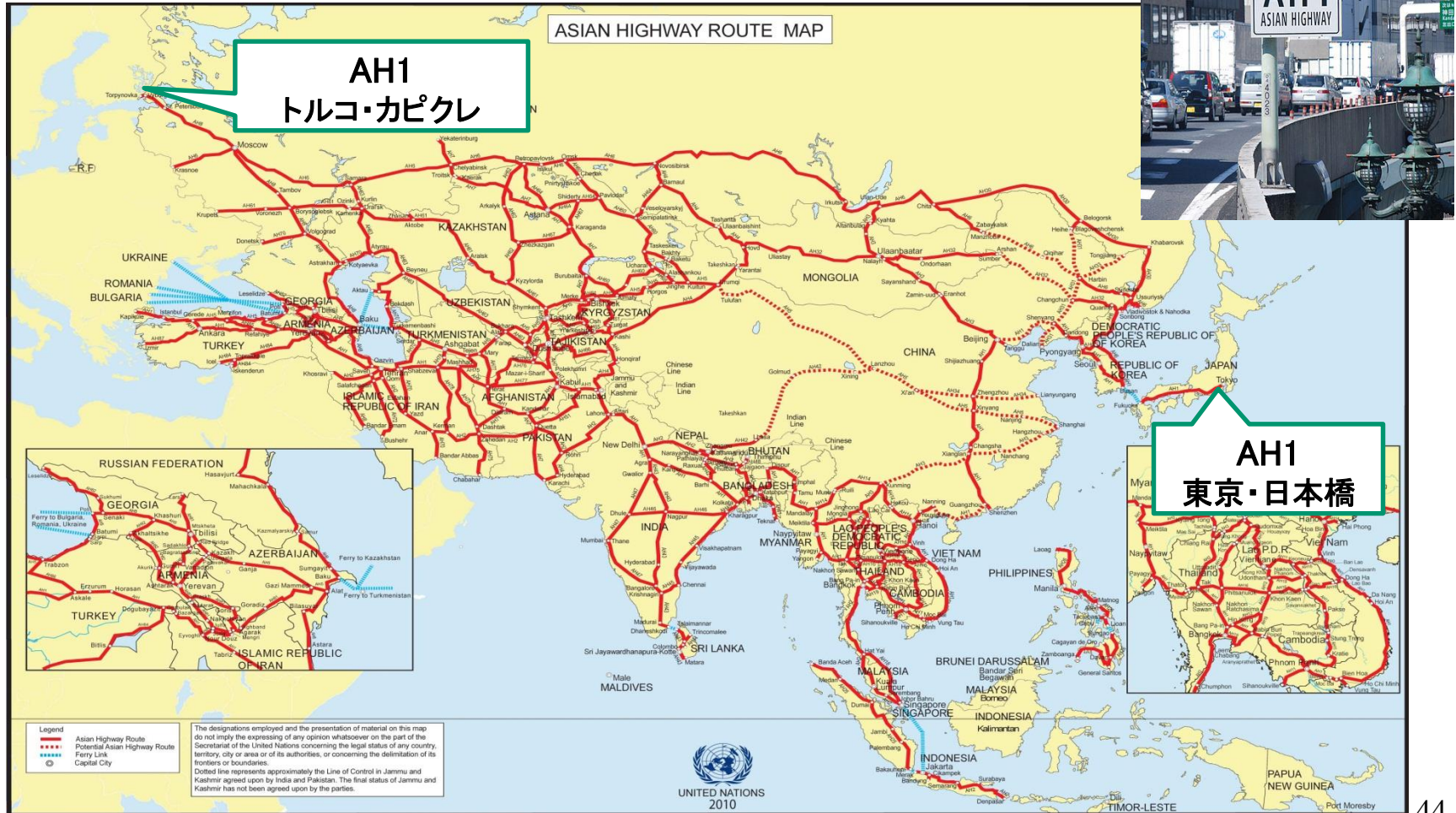
アジアハイウェイ

- ・ アジアハイウェイ
 - 1959年国連アジア極東経済委員会ECAFE（国連アジア太平洋経済社会委員会ESCAPの前身）によって採択、日本2003年に参加表明
 - 参加国：32カ国、総延長：14万2千km既存の道路をアジアハイウェイ（AH）として選定
 - ・ 選定基準：参加国の首都、重要都市、主要港湾・空港、工業、農業の中心地などを結んでいること
- ・ AHデータベース
 - 区間ごとのAHの整備状況（車線数・舗装タイプ・路面状況など）
 - ・ 地形、車線数、路面タイプ、路面状況、通行料の有無、主要な交差点の数
 - ・ 橋（延長距離、高さ、設計積載量）、トンネル（延長距離、高さ）、道路の横幅
 - ・ 中央分離帯の幅、路肩の幅
 - 設計基準
 - ・ Primary（最高基準）：4車線以上で舗装整備が施されている高速道路
 - ・ Class I : 4車線以上で舗装整備が施されている
 - ・ Class II : 2車線で舗装整備が施されている
 - ・ Class III（最低基準）：2車線で簡易舗装が施されている



アジアハイウェイ

・ 路線図

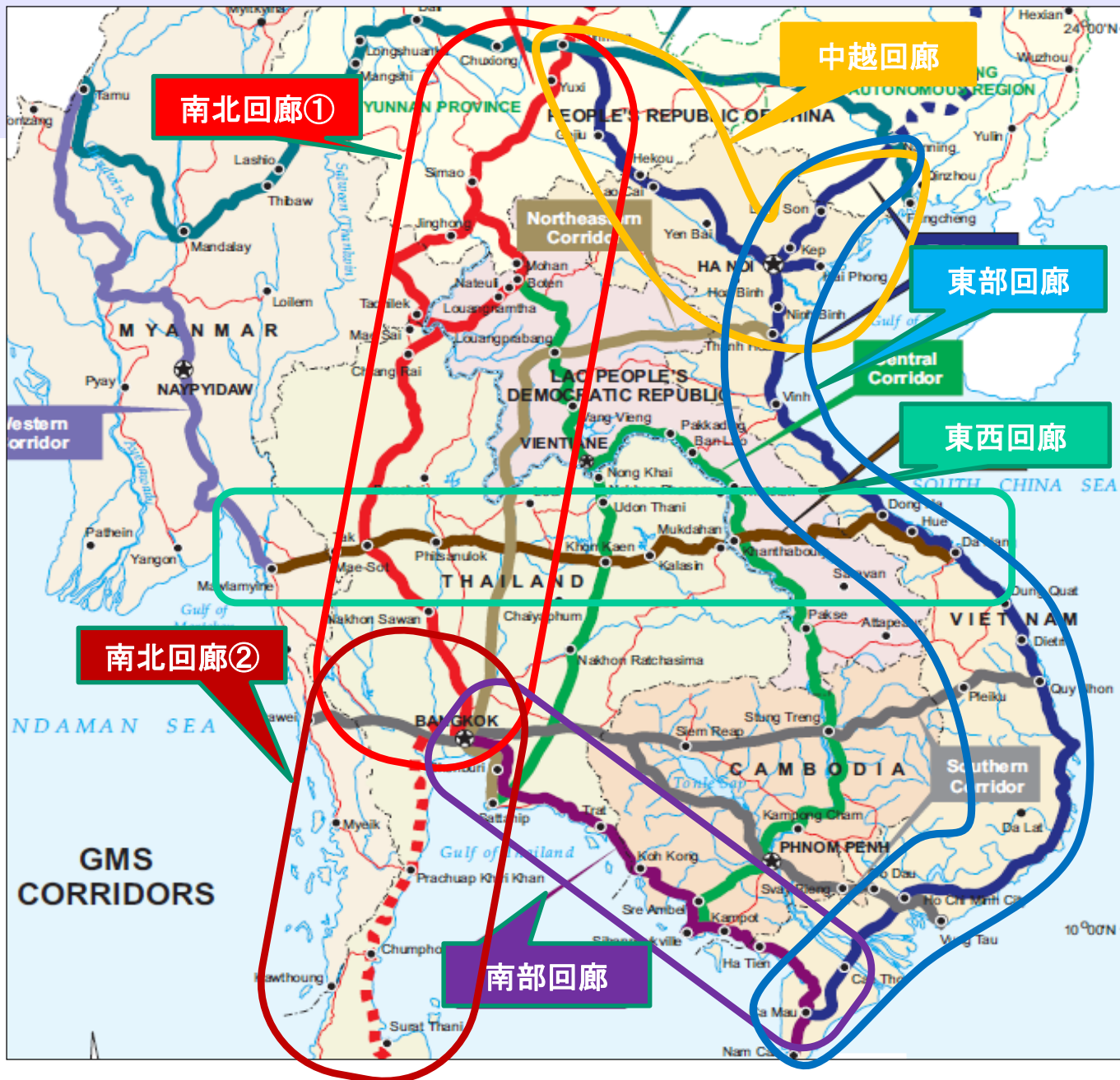


GMSにおける経済回廊



アジアハイウェイ

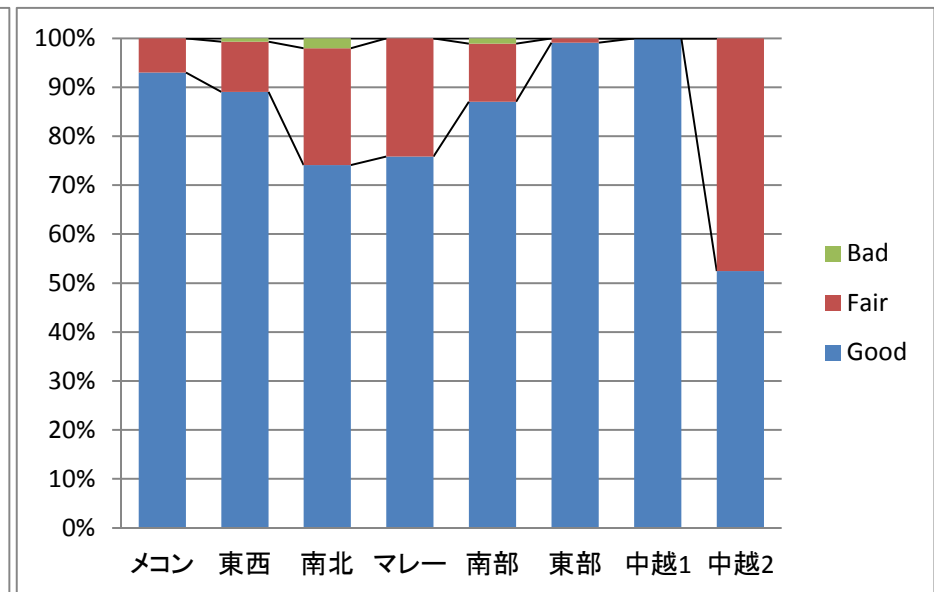
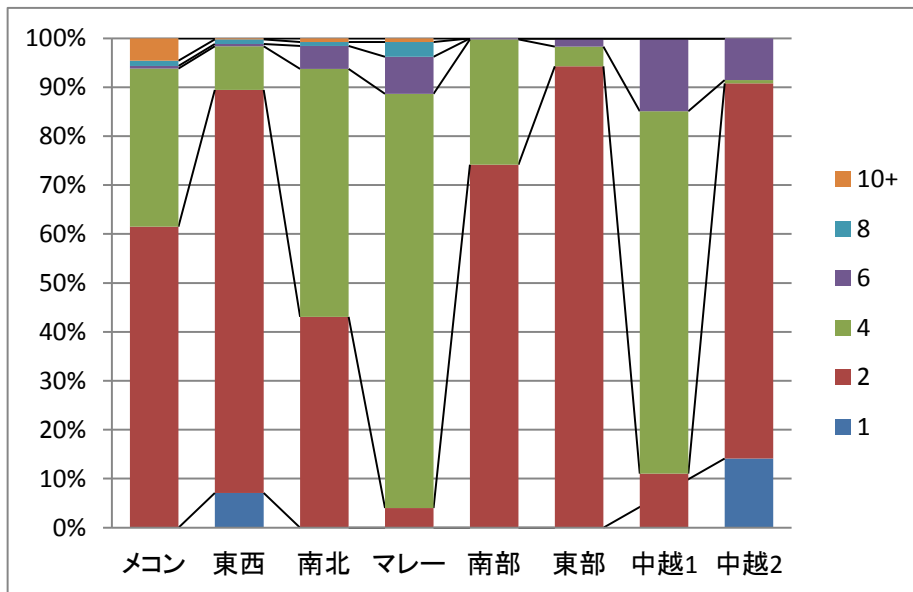
回廊名	ルート	AH路線	通過国	距離 (km)
メコン	Bangkok(TH)～ Hanoi(VN)	AH19,1,12,16,1	TH,LA,VN	1456
東西	Da Nang(VN) ～Thaton(MM)	AH1,16	VN,LA,TH,MM	1477
南北	Kunming(CN) ～Bangkok(TH)	AH1,2,3	CN,LA,TH	1964
マレー	Bangkok(TH) ～Johor(MY)	AH2	TH,MY	1888
南部	HCMC(VN) ～Bangkok(TH)	AH1,19	VN,KH,TH	994
東部	Hanoi(VN) ～HCMC(VN)	AH1	VN	1707
中越1	Guangzhou(CN) ～ Hanoi(VN)	AH1	CN,VN	1190
中越2	Kunming(CN) ～Hanoi(VN)	AH14	CN,VN	738



東西回廊
 ダナン～モーラミヤイン(AH1,AH16)
 南北回廊①
 昆明～バンコク
 (AH1,AH2,AH3)
 南北回廊②
 バンコク～シナイ
 (AH2)
 南部回廊
 ホーチミン～バンコク
 (AH1,AH19)
 東部回廊
 広州～ホーチミン
 (AH1)
 中越回廊
 南寧～ハノイ(AH1)ま
 たは昆明～ハノイ
 (AH14)

アジアハイウェイ

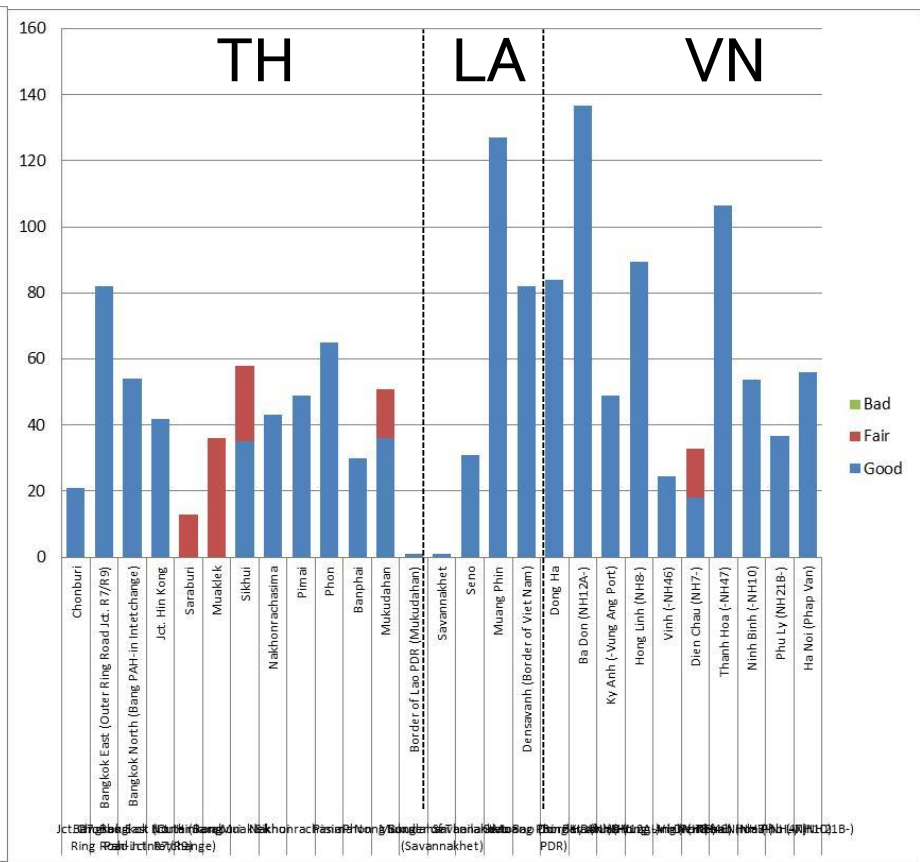
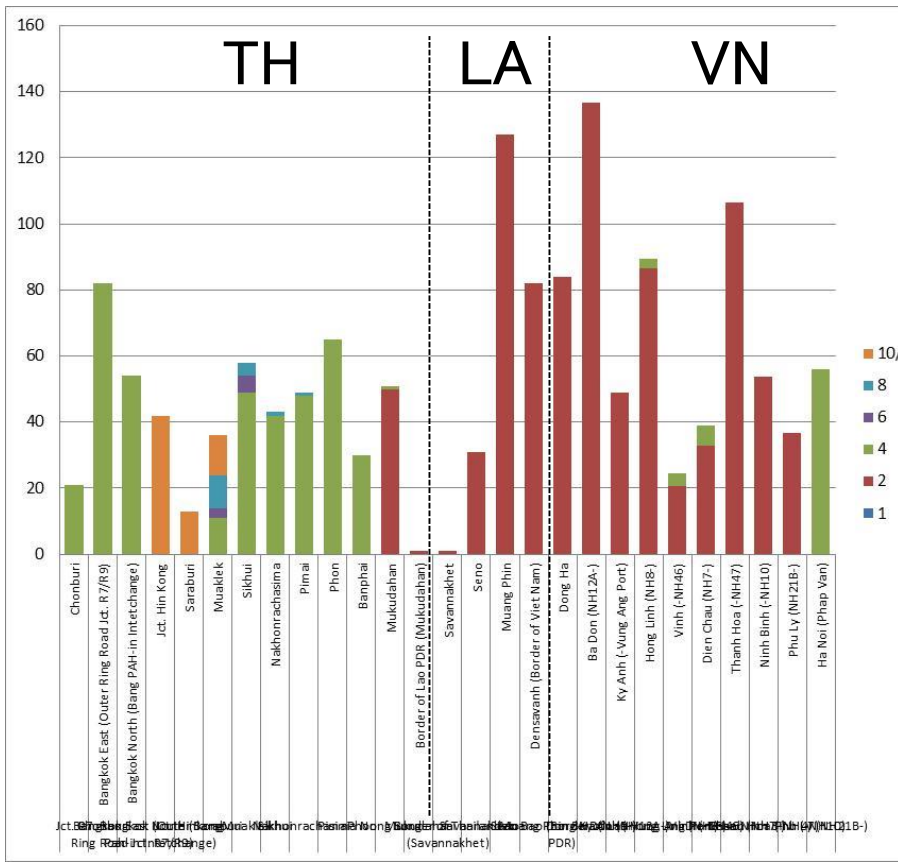
- ・ 設計基準による評価
 - － 高水準: 南北、マレー、中越1
 - ・ 路面状況による評価
 - － 高水準: 東西、南部、東部
- 設計基準が高くて、路面状況(メンテナンス)が悪い



Asia Highway

- Trial route

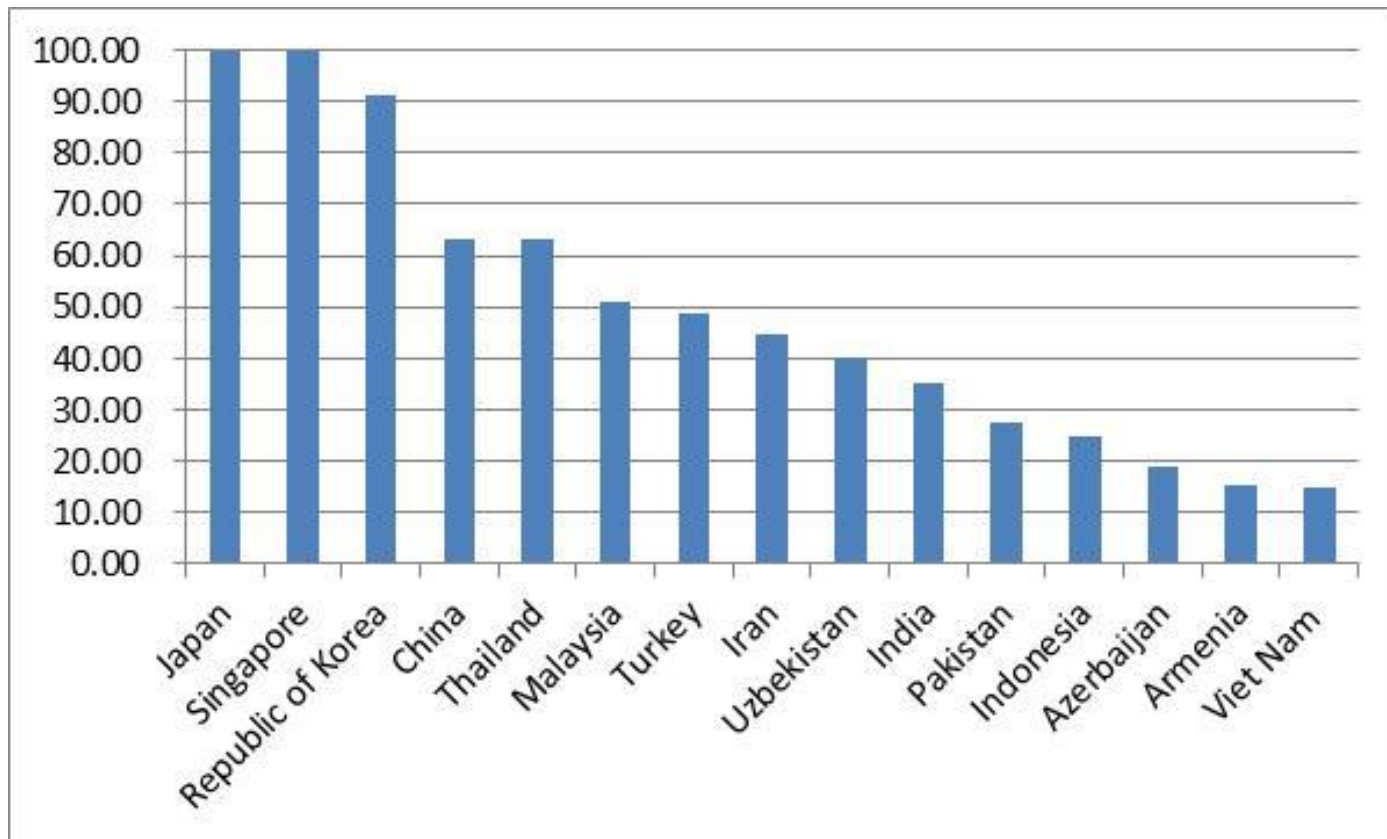
- Number of Lanes: TN Almost ≥ 4 Lanes, LA=2 Lanes, VN=Almost 2 Lanes
- Surface Condition: TN=Good or Fair, LA=Good, VN=Almost Good



アジアハイウェイ

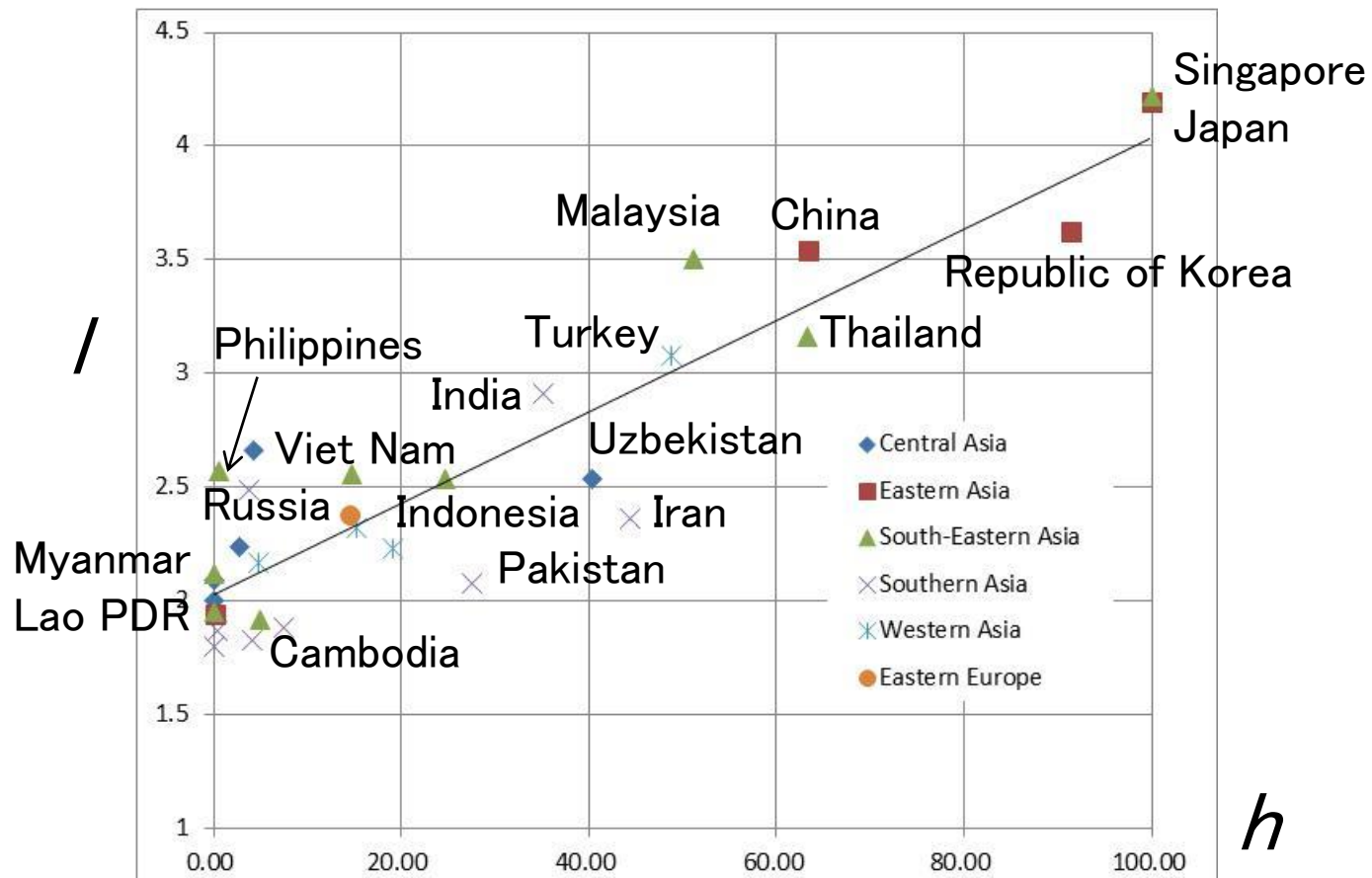
- ・ 道路整備の国際比較

- 高規格道路整備率: 設計基準がPrimary及びClass Iの指定を受けている区間(高速道路又は一般道で、4車線以上の道路)の距離を総延長で除した値→東アジアの国家(日本や中国、韓国)で水準が高い



LPIとAHDBの比較分析

- ・ 回帰分析の結果 $l = 2.03 + 0.02h$ ($R^2 = 0.837$)
 - 独立変数 l : LPIスコア
 - 従属変数 h : 高規格道路整備率 (AHDB)



メコンランドブリッジ走行実験による 衝撃計測データの分析

使用機材



項目	内容
トラクタ	いすゞ社製（フォワードGVR）， エンジン最大出力280PS， ラオス登録（左ハンドル）
シャーシ	ドイツJOST社製， リーフ式（板バネ）サスペンション， 車 軸数3， ラオス登録
コンテナ	長さ45ft， 幅8ft， 高さ9ft 6in
積荷	輸送用機器の部品

計測機器



計測機器	設置個所	取得データ
加速度 センサー	コンテナの後方ドア 付近の床面	加速度 ($G[m/s^2]$) <ul style="list-style-type: none">・ 前後方向 (X 軸)・ 左右方向 (Y 軸)・ 上下方向 (Z 軸)
GPS	トラクタ運転席ダッ シュボード上	緯度, 経度, 高度, 速度

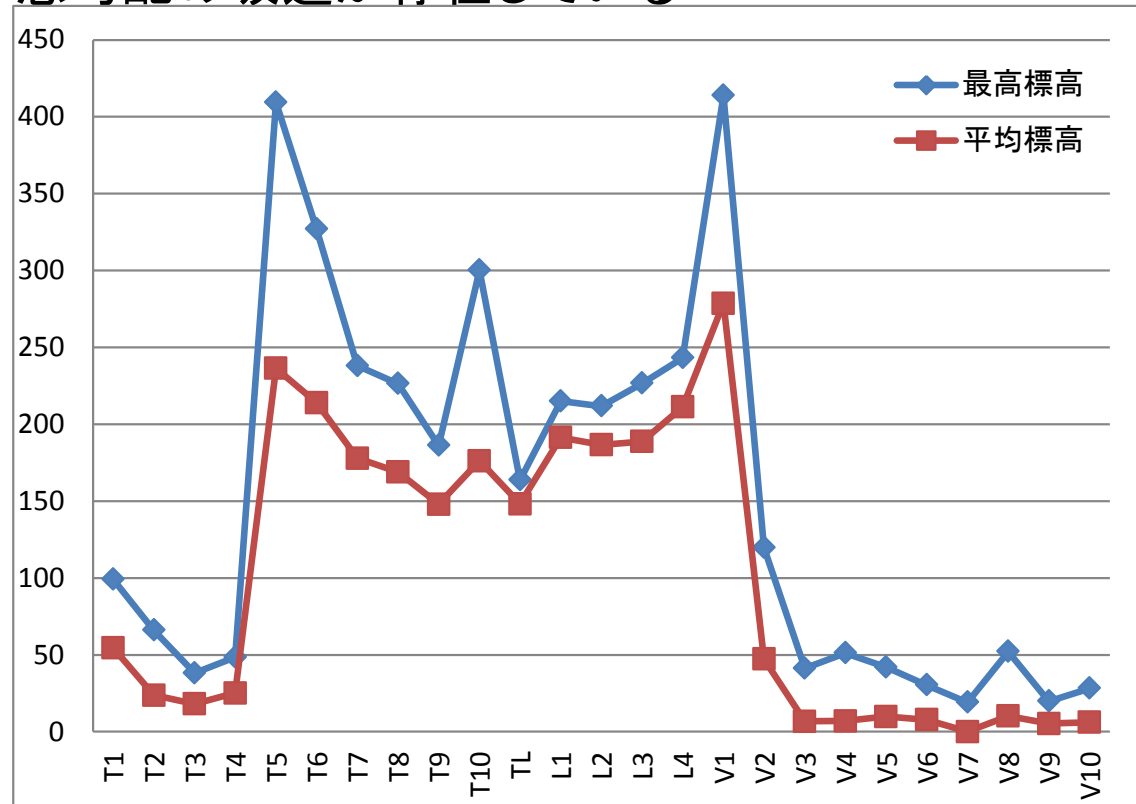
主要地点における通行状況



区間	日	時刻	距離 (km)	所要時間(分)		備考	気象	
				走行	停車		夜間	降雨
T1	1	11:57	32.7	52	8			
T2	1	12:58	75.3	89	30	食事		
T3	1	14:57	56.4	64	2			
T4	1	16:04	53.3	73	3			
T5	1	17:20	83.1	106	93	食事等	○	
T6	1	20:39	122.3	138	1		○	
T7	1	22:59	98.6	108	2		○	
T8	2	0:49	110.1	124	20		○	△
T9	2	3:14	87.6	109	11		○	
T10	2	5:14	94.0	110	56	給油等	○	△
TL	2	8:01	4.1	13	209	通関		
L1	2	11:43	28.4	40	70	食事		
L2	2	13:33	75.3	111	3			
L3	2	15:28	60.9	82	0			△
L4	2	16:50	81.6	108	902	停泊・通関	○	○
V1	3	9:41	26.9	50	18	給油等		△
V2	3	10:49	58.3	84	1			△
V3	3	12:14	56.3	79	54	食事		○
V4	3	14:27	112.4	155	1			○
V5	3	17:04	132.1	198	75	食事	○	◎
V6	3	21:38	100.3	162	16		○	
V7	4	0:36	55.5	96	0		○	◎
V8	4	2:13	71.8	143	5		○	○
V9	4	4:41	88.5	126	0		○	△
V10	4	6:47	81.3	104	6			
到着	4	8:38						
総計			1846.8	2526	1586			

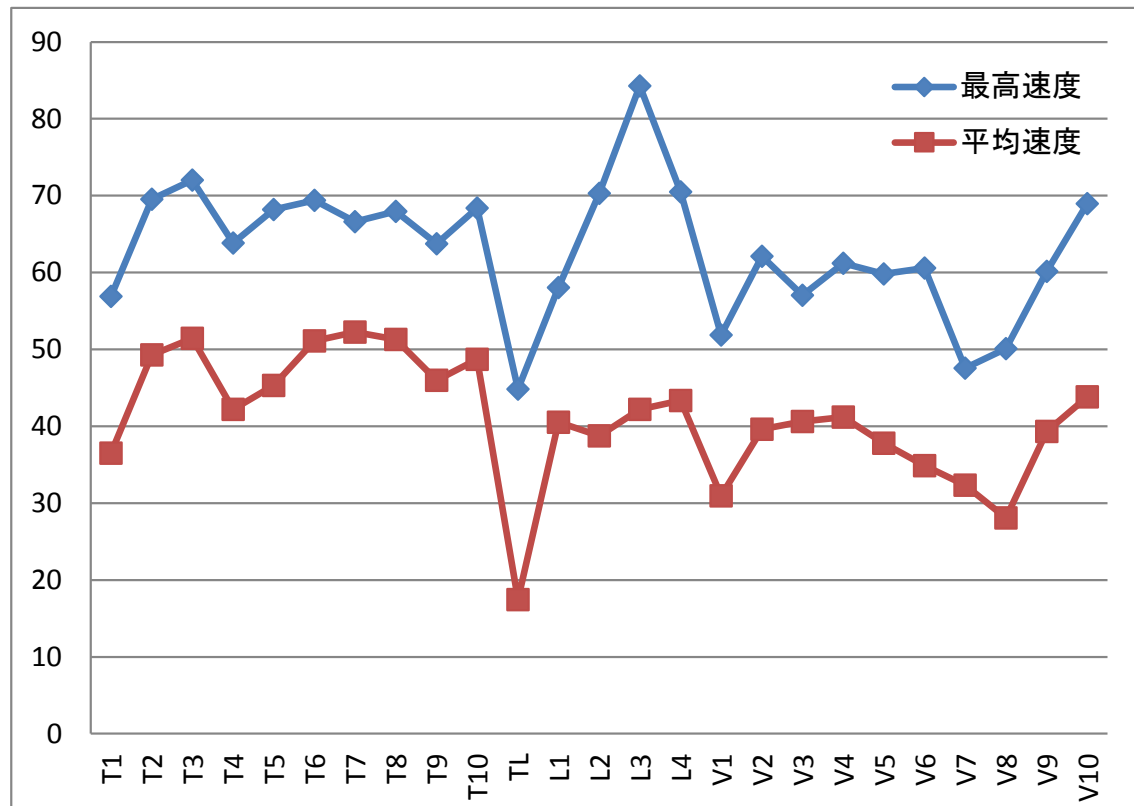
走行実験

- ・ 地形(標高): タイ中央部、ラオス・ベトナム国境が高い
 - タイ国内のT1からT4までの区間は平野部, ベトナム国内のV2からV10までの区間は沿岸部の平坦な地形を通過する.
 - ラオス国内を含むT5からV1までの区間は丘陵部, 特にT5及びV1では急峻な山脈地帯を通過し, 急勾配の坂道が存在している



走行実験

- 走行速度: 最高速度60~70km, 平均速度40~50km
 - V5からV8: 夜間, ハノイ・ホーチミン間の幹線道路であり通行量が多い
 - TL: タイ・ラオス国境における通関の行列待ち
 - V1: ラオス・ベトナム国境付近の急峻な山間部を走行



衝撃加速度の平均値と最大値

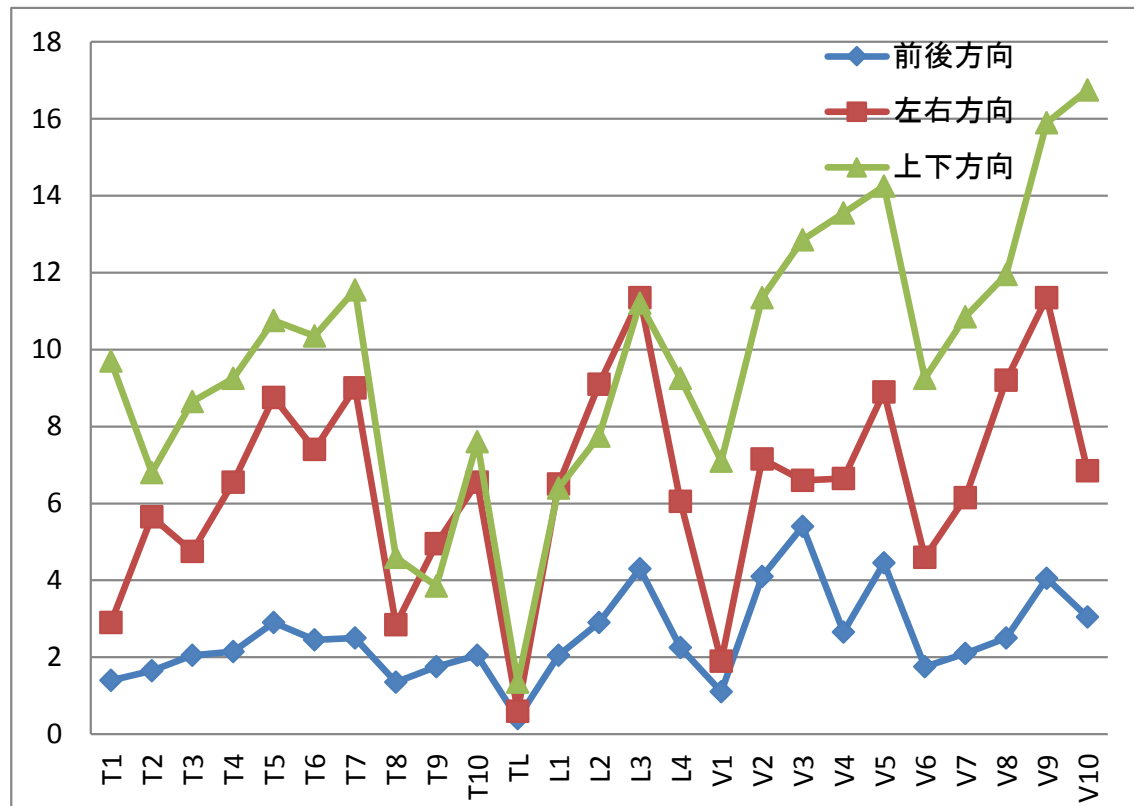
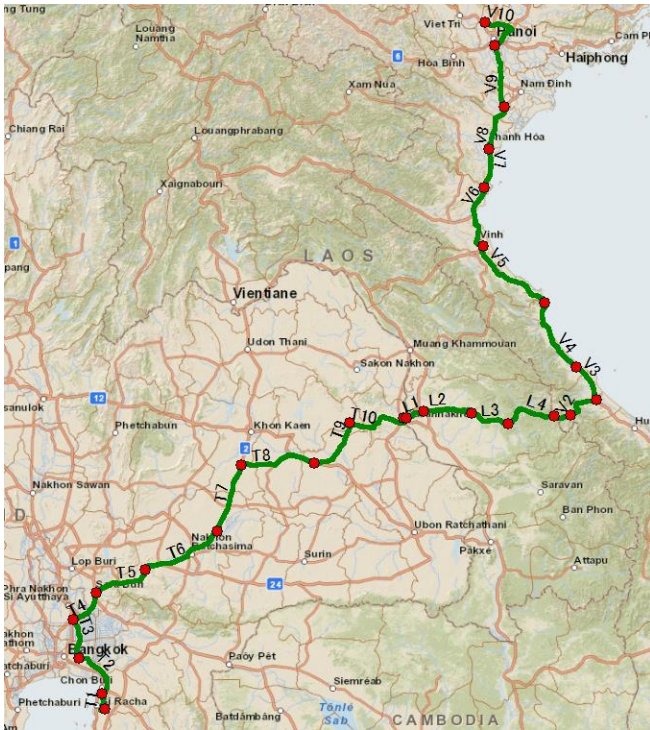
- ・ 衝撃加速度（前後方向、左右方向、上下方向、合成ベクトル）
 - － 平均値：区間の全体的な評価
 - － 最大値：局所的な評価

計測項目	特徴
前後方向（X 軸）	急発進，急ブレーキ，渋滞など
左右方向（Y 軸）	交差点，急カーブの通過，追越，車線変更など
上下方向（Z 軸）	路面の凹凸，段差，舗装・未舗装など

走行実験

最大衝撃加速度

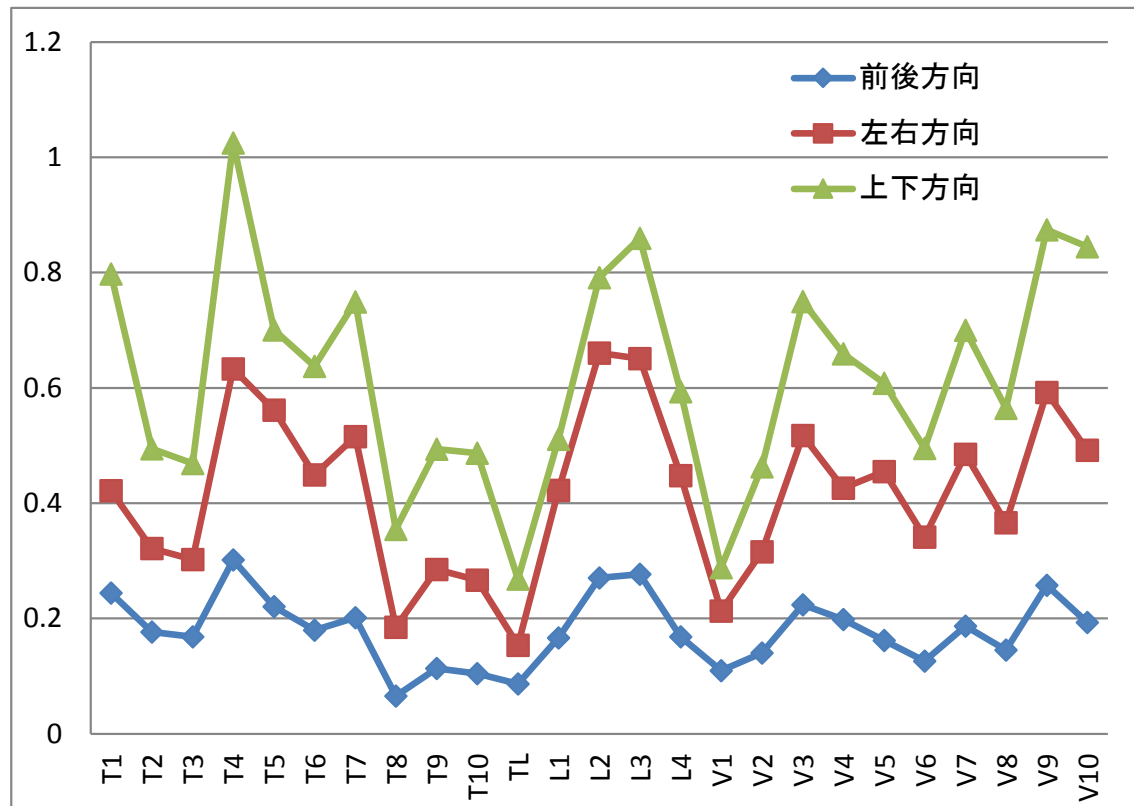
- 全般的に上下 > 左右 > 前後という順序関係
- タイ(T7), ラオス(L3), ベトナム(V5, V9, V10): 非常に高い値
- ベトナム(V5とV7): 夜間の上に強い雨が降っていたことから, ドライバーが路面状況を把握することが困難であった



走行実験

平均衝撃加速度

- 全ての区間において上下 > 左右 > 前後と順序関係
- タイ(T4), ラオス(L3), ベトナム(V9, V10): 比較的高い値 → 最大値と同様の傾向が見られる.



ヒアリング調査

- ・ 在ラオス日系物流企業（2012年8月）
 - － 安全性の向上：走行に注意を要する区間を明示した地図、ドライビング・レコーダー→ドライバーへの安全運転への指導に活用
 - － 速達性の向上：バンコク・ハノイ間：2007年約66時間→ラオス籍のトラックで一貫輸送により48時間程度までに短縮＝通関に要する時間が安定的に
 - － 定時性の確保＝走行開始・終了時とともに、4時間毎に位置情報をドライバーより報告
 - － 輸送ルート of 現状

ルート	現状
第1国際橋 国道8号線(AH15号線)	・ 3ルートの内、一番路面状況が悪く、道も急峻な部分があり、現状では商業貨物を輸送することは考え難い.
第2国際橋 国道9号線(AH16号線)	・ 現在利用するルートであり、路面状況が改善されれば、一番安定したルートとなる.
第3国際橋 国道12号線	・ 路面状況は一番良好であるが、急峻な部分があり、国境税関も整備を要する. ・ 橋の開通により、走行距離の短縮になるので、今後注目したい.

まとめ

- ・ 公的機関によるデータベースを用いた統計分析
 - ロジスティクスサービスレベル(LPI)による評価: タイ>ベトナム>>ラオス
 - AHデータベースによる道路車線数と路面状況による評価: 設計基準が高くても, 路面状況が悪い→継続的な修繕が必要
 - LPIとAHデータベースを用いて国際比較: 両データ間の関係性が高い
- ・ トラック走行実験
 - トラック走行実験により得られた位置情報及び衝撃加速度の計測データを用いた分析: 路面の悪化が著しいラオスとともに, 比較的路面がよいとされていたタイの一部区間やベトナムのほぼ全ての区間においても強い衝撃を受けている.
- ・ 今後の課題
 - 衝撃加速度と走行速度との関係性
 - 3軸間の衝撃加速度の関係性
 - 振動や温度・湿度に関する分析