

リアルタイム交通事故リスク情報提供の実現 ～阪神高速道路交通管制システムへの実装を通して～

西海能史¹・玉川大¹・向井梨紗¹
鈴木健太郎²・小島悠紀子²・寺前智文²
金進英³・大藤武彦³

¹ 正会員 阪神高速道路株式会社 (〒530-0005 大阪市北区中之島 3-2-4)

E-mail: yoshifumi-nishiumi@hanshin-exp.co.jp

E-mail: dai-tamagawa@hanshin-exp.co.jp (Corresponding Author)

² 正会員 阪神高速道路技研株式会社 (〒530-6123 大阪市北区中之島 3-3-23)

³ 正会員 株式会社 交通システム研究所 (〒532-0011 大阪市淀川区西中島 7-1-20)

阪神高速では高速道路における安全性の向上をめざして、交通事故リスク情報を用いたドライバーへの働きかけや情報提供、道路管理への活用等、総合的に交通事故とその損失の削減を図ることを目的として、リアルタイムで交通事故リスク情報を生成、交通安全への支援や交通管制業務への活用などの取り組みを進めてきた。本検討では、これまでの成果をもとに、交通管制システムにおいてリアルタイム事故リスク情報を生成して提供する機能を実現することを目指して、リアルタイム運用システムでの交通事故リスク情報算定モデルの精緻化やアップデート方法を検討し、ドライバーや道路管制員へ提供するために、提供情報生成方法、特に道路情報板への提供方法等、実現に向けた検討を行った。

Key Words: Realtime, Accident risk information, Hanshin Expressway traffic control system

1. はじめに

近年、国内における交通事故発生件数及び死傷者数は減少傾向にあるものの、いまだに交通事故による損失は大きい。阪神高速道路でも、過日に「阪神高速道路の交通安全対策アクションプログラム」を策定、継続的に検討・対策を実施し 2017 年度からは、「阪神高速道路の交通安全対策第 3 次アクションプログラム」を策定して、事故多発区間を中心としたハード面からの様々な交通安全対策等に取り組んでいる。しかしながら、更なる削減に向けては、このようなピンポイントでの対処的対策と併せて、ソフト面での対策として、道路上での事故の危険性に関する適切な情報提供を通じて、ドライバーの危険回避行動を支援することが重要となる。

新たな事故削減に向けた対策として、「事故リスク情報」を活用して交通事故の削減を図る交通事故リスクマネジメントへの取り組みが開始された。阪神高速道路では、交通事故データ、道路構造データ等のデータベースを活用して交通事故リスクに関する分析を行い、2017 年度に一般ドライバーを対象としてカーナビアプリを用いた「低事故リスク経路案内」情報提供を実施するとともに、阪神高速道路上の注記喚起情報提供実験を行った。

また、阪神高速道路のリアルタイム交通事故リスク情報について、交通管制員にタブレット端末で提供を開始している。

本検討は、阪神高速道路における安全性の向上をめざして、交通事故リスク情報を用いたドライバーへの働きかけや情報提供、及び道路管理への活用を図る等、総合的に交通事故とその損失の削減を図ることを目的とし、交通管制システムにおいて交通事故リスク情報を生成し、提供するための方法を検討する。

2. 検討の流れ

検討の流れを図-1 に示す。まず、リアルタイム交通事故リスク算定モデルとして適用する予定の「ポアソン回帰モデル」について、従前の検証で指摘される課題への対応などを踏まえて、最新の基礎データを使用して予測モデルの精緻化、改良検討を行い、改良モデルを用いた再現予測に基づく精度検証を実施した。また、再現予測による交通事故リスク情報を用いて交通事故リスク提供水準と閾値を検討する。

次に、交通事故リスク情報提供内容と方法を検討する。

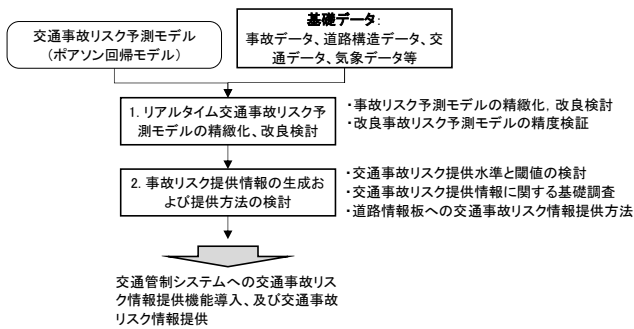


図-1 検討の流れ

あたって、ドライバーアンケート調査を実施し、交通事故リスク情報の認知・理解・行動意図等の分析を行い、これらの結果を基礎資料として、道路情報板への事故リスク情報提供方法を検討する。

3. リアルタイム交通事故リスク算定モデルの精緻化

交通管制システムにおいてリアルタイム交通事故リスク情報提供を実現するために、従前のリアルタイム交通事故算定モデルを精緻化・改良する必要がある。

現在の交通事故リスク算定モデルについて、モデル推定のために用いたデータは2012年～2015年の4年間の交通事故データ、道路構造データ等であり、モデルの説明変数は車線数をはじめとした道路構造データ、交通状態や安全対策の有無としている。モデルは事故の形態によって、追突、車両接触、施設接触、その他と事故形態計の5種類で分ける。事故が多発する区間においては過小予測の傾向があったため、25箇所区間を事故多発区間ダミー変数として設定しているが、全般的にモデルの係数値が大きくなっていることから、区間ダミー変数が有意な区間においては常時事故リスクが高く予測されることが考えられる。

上記のような課題から、より精度の高いモデルを構築する必要がある。具体的には、新たな構造データを整備し、ダミー変数導入の容易性、リアルタイム処理の親和性、事故リスク推定値のばらつきの大きさを勘案したモデルの再推定を行い、推定精度の向上を確認した。

(1) リアルタイム交通事故リスク算定モデルの精緻化、改良検討

従前に開発・活用しているリアルタイム交通事故リスク算定モデルを対象に次のような視点で精緻化を図ることとした。

- ① 新たに整備された道路構造データの活用：新規供用路線、渡線、トンネル区間など
- ② 最新の交通事故・交通データ等：2015年～2018年

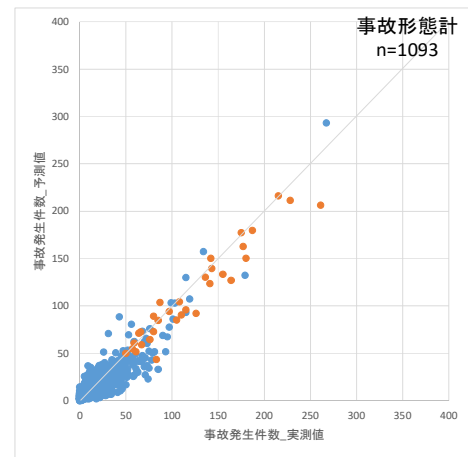


図-2 固有ダミー変数を採択したモデルによる事故件数の予測値と実測値

の4年間

- ③ 事故多発区間ダミーの見直し：事故多発区間ダミーの再設定と動的要因の影響を反映
- ④ 渡線モデル：渡線独自の説明変数を設定して渡線モデルを推定

モデル推定に際しては、事故多発地点で過小予測となったJDP区間について、推定精度の向上を図るため、間ダミー変数を再設定した。

交通事故リスク算定モデル推定にあたって、まずは区間ダミー変数無しのモデルを推定し、事故が多発（平均1回/月以上）かつ算出した事故率および事故件数の推定に差が大きい区間を抽出、事故多発区間として設定した。

つぎに、事故多発区間ダミー変数を入れたモデルを推定し、事故多発区間ダミーをJDP固有区間ダミー変数として加え、JDP区間単位の事故件数を算出した。その事故件数の予測値と実測値を比較したのが図-2である。オレンジ色のマーカーは事故多発区間ダミーとして設定したJDP区間の値であるが、この図をみると、事故多発区間ダミーであるオレンジ色のマーカーはほとんどグラフの45°線上に分布しており、高精度に推定されていることが分かる。表-1は予測値と実測値を事故件数とその差をまとめたものであり、ほとんど誤差もなく推定されていることが分かる。

しかし、この予測値はJDP区間ダミーを設定しているため、設定区間は常時高い事故件数（と事故率）が予測され、常時事故リスク情報が出る可能性が高いことが課題として確認された。そのため、設定区間における過大推定を防ぐように動的要因とクロスした説明変数を設定して動的要因の影響を反映することとした。表-2が本線において設定した算定モデルの説明変数である。ここでは、新たな動的要因としての事故多発区間ダミーの区間に交通状況・降水有無や時間帯、曜日パターンをクロスした変数を設定した。

表-1 事故件数の予測値・実測値の比較

	実測値	予測値
事故形態計	20,435	20,433 (-2)
追突	8,198	8,197 (-1)
車両接触	5,227	5,227 (±0)
施設接触	3,746	3,745 (-1)
その他	2,960	2,960 (±0)

表-2 事故リスク算定モデルの推定に係る説明変数

分類	説明変数	
静的要因	車線数	車線数
	道路構造・平面	平面線形
	料金所	本線料金所
	トンネル	トンネル
	道路構造・縦断	縦断勾配
	道路構造・合流	合流タイプ
	道路構造・分岐	分岐タイプ
動的要因	事故多発区間ダミー	JDP 区間ダミー
	交通状態・降水有無	交通状態・降水有無
	滑り止め舗装	滑り止め舗装区間
	障害区間	障害区間
	時間帯	夜間
	曜日パターン	曜日パターン
	事故多発区間ダミー × 交通状態・降水有無	JDP 区間 × 交通状態・降水有無
事故多発区間ダミー × 時間帯	JDP 区間 × 時間帯	
事故多発区間ダミー × 曜日パターン	JDP 区間 × 曜日パターン	

(2) 改良モデルの精度検証

分析に用いた4年間のJDP区間単位、5分単位のデータを入力データとして、モデルを適用して事故件数推定値を算出した。JDP区間単位で計算された予測値を実測値と比較したのが表-3ある。事故件数合計をみると実測値が20,435件で予測値が21,123件になっており、688件(3%)過大推定されている。また、施設接触事故の過大推定が13%、追突及び車両接触も10%及び2%となった。さらに、事故形態計の差は3%となった。従前モデル(調整前)においては施設接触事故は45%の過大推定、追突及び車両接触も12%及び3%、事故形態計の差は10%であったことから、全般的に大きく改善できたことが確認できる。

表-4に示す現況再現予測による精度検証の結果からも、いずれの事故形態もRMSE(Root Mean Square Error: 平均平方二乗誤差)が相当程度小さくなっていることが確認され、モデルはより精緻化されたといえる。

4. 交通事故リスク提供情報の生成および提供方法

表-3 地区別集計の事故件数の予測値と実測値

	実測値	予測値
事故件数合計	20,435	21,123 (688, 3%)
大阪地区	11,406	11,624 (218, 2%)
湾岸地区	3,318	3,184 (-134, -4%)
兵庫地区	5,711	6,315 (604, 11%)

表-4 JDP区間別集計データの推定精度の統計値

	事故形態計	追突	車両接触	施設接触	その他
n	1,093	1,093	1,093	1,093	1,093
相関係数	0.89	0.84	0.92	0.80	0.44
RMSE	47.7	8.2	4.9	5.4	2.8

本項では交通事故リスク提供情報の生成方法および提供情報内容について述べる。まず、交通事故リスク情報を提供するためには情報の提供水準を設定する必要があるため、提供情報生成のための水準と閾値の検討を行った。

また、適切かつ効果的な交通事故リスク情報の内容と提供ルールなどを見出すことを目的として、ドライバーアンケートを実施した。

それらの知見を踏まえて、交通管制システムにおける交通事故リスク情報提供の枠組みを整理し、交通事故リスク情報提供の内容と方法についての戦略を構築するとともに、道路情報板への交通事故リスク情報提供の方法とメッセージ(案)を検討した。

(1) 交通事故リスク提供水準と閾値の検討

交通事故リスク情報提供単位として設定したJDPに着目して、その分布から提供事故リスク水準を「警戒」、「注意」、そしてリスク情報を提供する必要性が低い水準の3ランクとして閾値を検討した。

管制員のヒアリングの内容を踏まえて、情報の提供水準は3段階に設定し、その中でドライバーへ直接的な情報提供の用いる水準は水準1と水準2とする。水準1は警戒であり、実際の道路ネットワークで起きる交通事故に対して約30%の的中率で情報が出ることを目標とする。水準2は注意であり、事故リスクの危険度が高い区間において注意喚起になるように設定をする。なお、水準3も設けているが、情報の提供には適用しない。

阪神高速道路全路線(本線上)における年間事故件数の実測値をみると、2018年度の年間事故件数は4779件/年であり、1日で換算すると13.1件/日になる。

警戒情報のように、発生した事故件数において30%の的中率で情報を提供するためには、年間(4779×3.3=)15,771件の事故に対して情報を出すことになる。ちなみに、これを1日で換算すると(13.1×3.3=)43.2件になる。もし、ある1件の事故において、その事故が発生す

表5 広報情報としてのメッセージ案

表現方法	メッセージ内容案
記号表現	事故リスク 高速 < 一般
降雨時（渋滞時） 注意 事故リスク増	降雨時注意 事故リスク増
前方注意 事故リスク 警報	事故リスク警報 前方注意

るのに 15 分前からの道路及び交通環境が影響するならば、事故の 15 分（3 時間帯）前から情報を提供する必要がある。もし、30 分前の環境が影響するならば 30 分（6 時間帯）前から情報を提供する必要がある。すなわち、一日の 43.2 件において、15 分の場合（ 43.2×3 時間帯＝）129.6、30 分の場合（ 43.2×6 時間帯＝）259.2 の時間帯に亘って情報提供が必要になる。以上のような算出式を全路線及び路線系統別に適用した。その結果、「警戒」水準を 0.0005 件/0.1Km/5 分以上、「注意」水準を 0.0002 件/0.1Km/5 分とすることとした。

（2）交通事故リスク提供情報に関するドライバーアンケート調査

適切かつ効果的な情報提供を実施するため、ドライバーアンケートを実施した結果、「交通事故発生リスクが一般道路は高速道路の 10 倍高い」ことを正しく認識していた被験者は約 4 割であった。逆に約 6 割のドライバーは高速道路の事故発生リスクを過大評価している。また、「重大事故(重傷, 死亡)が高速道路と一般道路はほぼ同程度」であることを正しく認識している被験者は、12%と非常に少なかった。高速道路の方がリスクが高いと認識しているドライバーは約 8 割であり、過少認識しているドライバーは約 1 割であり、交通事故リスクの認知と理解がまだまだ進んでいないことを確認した。

また、道路情報板への交通事故リスク情報提供例を提示して意見を求めたところ、「事故リスク 高速<一般」や「降雨時警戒 事故リスク増」といった広報的情報、「事故リスク警報 前方注意」といった注意喚起情報など、メッセージによって差異はあるものの相当程度理解していただけること、運転行動に反映していただけることがわかった。アンケートにあたって掲示した情報メッセージ案の一部を表5示す。

さらに、高速道路と一般道路競合区間、高速道路と高速道路競合区間で交通事故リスク情報を提供して仮想経路選択をしていただき、ロジットモデルで経路選択行動分析を行った。この結果、事故影響リスクといった数値情報を提供した場合、提供する交通事故リスクの差によ

り高速道路選択率が変化することがわかったり。

（3）道路情報板への交通事故リスク情報提供方法

a) 交通管制システムにおける交通事故リスク情報提供の枠組み整理

ドライバーアンケート調査結果を踏まえて、交通事故リスク情報提供に際しては、大別して①「交通事故リスク」の認知と理解の促進、②交通事故リスク情報に基づくリスクへの備え、そして③交通事故リスク情報に基づく低利事故リスク経路や時間利用の促進というねらいへの対応が必要である。なかでも、ドライバーアンケート調査結果からは、交通事故リスクに関する認知状況が極めて低いことがわかったため、交通事故リスク情報提供の第一義として交通事故リスクの認知と理解を促す「広報」が重要であり、それに加えて、交通事故リスクへの備えや経路・時間選択のための情報提供を提供していくことが必要であると考えられる。

b) 交通事故リスク情報の生成

上記のねらいに対して、それぞれ①広報情報、②注意喚起情報、そして③経路選択情報を生成して提供することを考える。

広報情報については、まず「交通事故リスク」という言葉、概念が浸透していない現状では、「交通事故リスク」という言葉の露出と浸透、そして理解をすすめる情報提供が必要である。また、交通事故リスク情報の活用を推奨する広報も必要である。

注意喚起情報は、交通事故リスク情報を活用して、警戒を促す情報、経路上の運転に際して注意を促す情報、そして安全運転行動への変容を促す情報として提供することが考えられる。

経路選択情報としては、交通事故リスク指標を活用して経路比較情報、時間帯比較情報を生成して提供し、経路や時間帯を選択していただくことが考えられる。但し、これらの事故リスク情報の内容は、様々な媒体に応じて戦略的に提供する必要があり、まだ「交通事故リスク」の概念が浸透していない現状においては、各媒体で可能な範囲で最大限提供していく必要がある。

ドライバーに提供する交通事故リスク数値情報としては、事故発生リスク、事故影響リスク、事故損失リスクが挙げられるが、従前の研究で、事故影響リスクが最も望ましいことが知られているため、ここでは「交通事故影響リスク」の提供を行うこととする。強調情報も、従前の研究の知見として経路選択に影響することが知られており、広報、注意喚起、経路比較情報として提供することが望まれる。また、アドバイス情報は、行動変容を促す情報として有用である。道路情報板でも、事実情報提供とともに交互表示する情報として活用することが考

●広報情報の例：強調情報



●注意喚起情報の例：強調+アドバイス情報



●経路比較情報の例：強調情報



図-3 提供情報のイメージ案

えられる。これらの提供情報のイメージを以下に例示する(図-3)

c) 道路情報板への交通事故リスク情報提供の方法検討

阪神高速道路では近々次期交通管制システムへの切替を予定している。その運用開始時における事故リスク情報提供が、当面の交通事故リスク情報提供を実現する方法として位置付けられる。直近の注意事項として提供することを想定し、道路情報板への交通事故リスク情報提供イメージは、図-4示すとおりであり、当面の交通事故リスク情報提供を次のような考え方に基づくこととする。

- ・ 情報提供範囲は次の情報板まで
- ・ 提供内容の優先順位に従い提供
- ・ 本線情報板のみ対象
- ・ 対象範囲で事故リスクが複数ある場合の提供

また、道路情報板で提供すべき交通事故リスク情報は、次のような情報内容として提供することが考えられる。

① 事実情報：一般道路は高速道路の8倍交通事故リスクが高いといったリスクに関する事実情報

② 注意喚起情報：渋滞中・リスクが高まっている、渋滞区間走行中は前方車両の挙動に注意といった道路交通局面に応じて警戒すべき情報

③ アドバイス情報：前方注意・車間保て、この先渋滞・速度落とせといった経路選択や安全運転行動を促す情報

ここで、情報の内容として、「交通事故リスク」は極めて小さい数値であり、利用者にとってはわかりにくく、しかも直ちに理解することが困難であるため、次のような情報に加工して提供することが妥当である。

・ 事故影響リスク：当該路線系統を通過するときに、事故の影響を受ける(事故に出会う)確率(%)

・ 事故リスク水準：当該路線系統で期待される事故リスクが一定以上の水準に達したことを示す指標(警報/注意報)

道路情報板で提供するメッセージは、現時点の交通事故リスクがあまり認知、理解されていない状況下では、まず①事実情報を提供し、2つ以上のメッセージを提供できる場合は①事実情報に②注意喚起情報または③アドバイス情報を組み合わせて交通事故リスク情報として構成して提供することが有力であると思われる。たとえば、道路情報板がカバーする区間の交通事故リスクがある水準を超過した時、水準に対応する注意喚起情報と当該交通事故リスクの特性を踏まえたアドバイス情報を提供する。

提供する情報種別別・道路情報板種別別に、交通事故リスク水準に対応する注意喚起情報とアドバイス情報を組み合わせた道路情報板メッセージ案を整理すると表-6。なお、道路情報板で提供する表示内容については、今後交通管理者との協議、調査が必要である。

5. まとめと今後の課題

(1) まとめ

本検討では、従前のリアルタイム交通事故リスク算定モデルに対して、JDP 区間ダミーを事故多発区間、事故率事故件数の推定誤差が大きい区間に導入する等してリアルタイム交通事故リスク算定モデルの精緻化・改良を実施し、モデルの推定精度を検証した結果、事故発生件数期待値と実績値の誤差は 3%程度であり、推定精度の向上を確認した。

さらに、事故リスク水準を「警戒」、「注意」、そしてリスク情報を提供する必要性が低い水準の3ランクとして閾値を検討し、「警戒」水準を 0.0005 件/0.1Km/5 分以上、「注意」水準を 0.0002 件/0.1Km/5 分とすることとした。

次に、交通事故リスク情報の認知・理解・行動意図等を検討するために、ドライバーアンケート調査を実施した結果、一般道路の交通事故リスクは高速道路よりも高いことを認知しているドライバーはせいぜい 4 割程度であり、交通事故リスクの認知と理解がまだまだ進んでいないことを確認した。また、道路情報板への交通事故リスク情報提供例を提示して意見を求めたところ、メッセージによって差異はあるものの相当程度理解していただけたこと、運転行動に反映していただけたことがわかった。



図4 道路情報板への交通事故リスク情報提供イメージ

表-6 道路情報板で提供する事故リスクメッセージ案

分類	情報板種別	道路情報板表示			備考
		水準0:-	水準1:注意	水準2:警戒	
広報	本線・街路・入口情報板	事故リスク 高速 < 一般	事故リスク 高速 < 一般	事故リスク 高速 < 一般	自由流時 (除本線)
		降雨時注意 事故リスク増	降雨時注意 事故リスク増	降雨時警戒 事故リスク増	降雨時
		渋滞時注意 事故リスク増	渋滞時注意 事故リスク増	渋滞時警戒 事故リスク増	渋滞時
注意喚起	本線情報板	-	事故リスク注意 前方注意	事故リスク警戒 前方注意	追突事故
		-	事故リスク注意 車間保て	事故リスク警戒 車間保て	車両接触事故
		-	事故リスク注意 速度落せ	事故リスク警戒 速度落せ	施設接触事故

また、ドライバーアンケート調査結果を参考に、交通管制システムにおける交通事故リスク情報提供の枠組みを整理した。交通事故リスク情報提供に際しては、大別して①「交通事故リスク」の認知と理解の促進、②交通事故リスク情報に基づくリスクへの備え、そして③交通事故リスク情報に基づく低利事故リスク経路や時間利用の促進というねらいへの対応が必要である。

なかでも、ドライバーアンケート調査結果からは、交通事故リスクに関する認知状況が極めて低いことがわかったため、交通事故リスク情報提供の第一義として交通事故リスクの認知と理解を促す「広報」が重要である。

したがって当面は、「交通事故リスク」の認知と理解の推進を優先する」、「直近の注意喚起情報としての交通事故リスク情報提供を行う」、「認知と理解の推進及び注意喚起情報提供の効果検証を重ねる」こととして広報及び注意喚起情報を提供する枠組みを整理した。

最後に、「道路情報板」への交通事故リスク情報提供については、提供の要件と方法、そして提供する情報種別別・道路情報板種別別に、交通事故リスク水準に対応する注意喚起情報とアドバイス情報を組み合わせた道路情報板メッセージ案を提案した。

(2) 今後の課題

本検討の交通管制システムで内生する「交通事故リスク情報提供機能」については、道路情報板での交通事故リスク情報提供に係る関係機関協議、システム詳細設計

や運用方法の調整等を行って、できるだけ早い時期に提供を実現することが望まれる。さらに、交通事故リスク情報提供実現後は、推定した交通事故リスク情報や提供情報の検証を行うとともに、モニター調査等を踏まえた効果と影響を把握して、今後の交通事故リスク・マネジメントの展開に資する基礎資料を把握する必要がある。

また、交通事故リスク情報提供に係る課題として「交通事故リスク」情報の認知と理解を進める必要性が極めて高いことが挙げられる。このため、交通事故リスクを知っていただくための認知、正しく理解していただくための理解をすすめる広報について、多くの市民を対象として多様な媒体を活用した手法を検討する必要がある。

最後に、将来的な研究の展望を踏まえた課題として、より高精度なりアルタイムでのマクロ的な交通事故リスク推定手法として、機械学習やディープラーニングといったAIを活用した推定モデルの開発が望まれる。

謝辞：本研究の遂行にあたり、愛媛大学吉井稔雄教授および立命館大学塩見康博准教授には貴重なご意見・ご指導を賜りました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 安陸浩, 向井梨沙, 玉川大, 小澤友紀, 大藤武彦: 道路情報板による交通事故リスク提供に伴う仮想経路選択モデル分析, 第61回土木計画学研究発表会・春大会 (2020.10.2 受付)