

ヒューマンエラーリスク評価による 高速適応検査の必要性の検討

井上 貴文*

Does the Shinkansen Driver Have to Take the Additional Aptitude Tests ?

Takafumi INOUE

A person who tries to become the Shinkansen driver takes the aptitude tests which aren't taken in case of the meter-gauge lines driver. To examine the need of these tests, the risk of the accident caused by the assumed human error was assessed by the past accident records, one railroad company's experts, and another railroad company's experts. All the results of the risk assessment revealed that the risk of the accident caused by the Shinkansen driver was smaller than that of the meter-gauge lines driver. On the other hand, the characteristics of the errors of the Shinkansen driver and those of the errors of the meter-gauge lines driver were compared by experts. Then no essential differences were found out between each of them. Thus, it seems that the additional aptitude tests for the Shinkansen driver are not necessary.

キーワード：ヒューマンエラー，リスク評価，高速適応検査，新幹線，運転士，運転適性検査

1. はじめに

2017年12月から2018年3月の間、国土交通省による「新たな反応速度検査の導入等に係る調査検討委員会」（委員長：武蔵野大学，宇賀神博名誉教授，事務局：一般社団法人日本鉄道運転協会）が開催された。その結果、反応速度検査として現行の検査か多重選択反応検査のいずれを用いるかを、事業者の判断で選択できるようになった。

また、新幹線運転士にのみ実施されていた高速適応検査についても検討され、その必要性は低いことが示された。そこで使用された資料の多くは過去に実施した鉄道総研の部内資料であった。今回、検討の根拠がわかるように、過去の研究成果を再構成し公表文献にまとめた。

東海道新幹線営業開始の2年前、当時の国鉄では新幹線運転士に対する運転適性検査が在来線運転士とは別に制定された。営業開始の2年後に高速適応検査が加わり、在来線よりも多くの検査を実施し、合格基準も高く定められた。高速適応検査の検査数は当初8項目であったが、後に5項目に絞られた。この制度はJRに引き継がれている。

高速適応検査が追加された理由や経緯についての記録は確認できないが、当時としては世界中に前例のない高速で走行する鉄道であったので、より多面的に運転適性

を調べ、バランスのよい人材に担当させることでリスクを軽減することを目指していたと考えられる¹⁾。

現在までこの制度は続いてきたが、新幹線の安全性の高さが実証された現状では、新幹線運転士のリスクは在来線運転士のそれよりも小さいと考えられる。このため、高速適応検査の必要性、多くの検査を実施し、基準を高くする必要性は消失していると考えられる。

ただし、たとえリスクが小さくても、新幹線に特有のエラーがあり、これを高速適応検査が的確に予測するのであれば、検査の有効性は存在する。これについても確認する必要がある。

本報告では、約20年前に行われたリスク評価結果^{2) 3)}に基づいて、新幹線にのみ行われてきた高速適応検査の有効性について議論する。

ここで、リスクは「事故の発生頻度」と「事故の被害の大きさ」の両要素を評価したものとして扱い、エラーに起因する事故の発生頻度（確率）と事故の被害の大きさの組み合わせである、と定義した。

2. 事故実績によるリスク評価³⁾

2.1 目的

過去に発生した事故実績に基づき、新幹線運転士のエラーによるリスクが、在来線運転士のエラーによるリスクよりも、小さいことを明らかにする。

* 人間科学研究部 安全心理研究室

特集：人間科学

2.2 方法

2.2.1 リスク評価の適応範囲

リスクの評価対象は、新幹線と在来線の列車運転士のエラーが原因となって発生した事故とした。事故影響は、直接的な被害のみとし、イメージダウンのような社会的影響などは含めなかった。

2.2.2 事故実績データ

鉄道総合技術研究所（鉄道技術推進センター）で開発された「鉄道安全データベース」を用いた。ここで参照できる鉄道運転事故等報告書（1号様式）のデータについて、1993～2002年度の10年間を事故実績データとした。

2.2.3 リスク評価法

リスクの要素である「事故の発生頻度」は、鉄道係員が原因となっている事故（責任事故）を対象とし、新幹線運転士と在来線運転士が関わる事故の件数とした。ここで、在来線は「信号手前で警報ベルを発し、運転士が所定の操作をしないと直ちにブレーキが動作する保安設備」のあるものに限定し、保安設備のないものや「信号手前で停止するための速度照査パターンと運転士が制御する列車速度を比較し、超過の場合に自動的にブレーキが動作し制御される保安設備」のものについては除外した。保安設備条件は事故当時の設備を想定して定めた。

また、事故が保安装置のもつ機能とは直接関係ない場合（たとえば、入換作業や故障時の取扱い）も含めた。

1つの事故に複数のエラーや鉄道係員（運転士以外）が関与していた場合には、人数に応じて寄与率を等分し、運転士の発生件数を算出した。具体的には、1件の事故の発生に独立したエラーがn件あり、1つのエラーにm名が関与している場合、エラー当事者の事故頻度を $1/n \times 1/m$ で算出する（図1参照）。そして、エラー当事者のうち運転士である頻度を加算する。

リスクのもう一つの要素である「事故の被害の大きさ」については、物損額と人身損害額の合計値を用いた。

交通事故損害に関する経済評価における人身損害額⁴⁾は、万円単位以下を四捨五入すると、死亡では3,352万円、重症では1,152万円、軽症では65万円であった。事故の人身損害額は、死傷者数と、それに対応する人身損害額との積の総和とした。

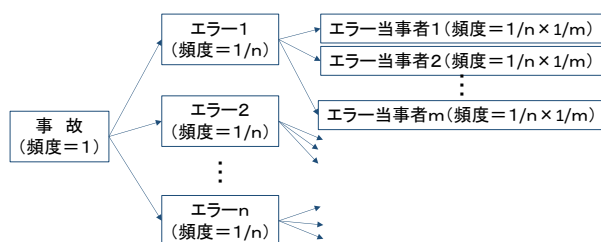


図1 エラーに起因する事故頻度の算出方

2.3 結果

新幹線と在来線の車掌など他の職種も含めた全体のリスクを1として、リスクの相対比を算出したところ、新幹線運転士のリスクは0.00349、在来線運転士のリスクは0.42607であった（表1）。また、新幹線運転士と在来線運転士の人数を用いて、一人あたりリスクも算出した（表1右）。

表1 事故実績によるリスク評価結果³⁾

	リスク	一人あたりリスク
新幹線運転士	0.00349	0.00000875
在来線運転士	0.42607	0.00011096

2.4 考察

事故実績によるリスク評価を行ったところ、新幹線運転士は在来線運転士と比較して、エラーにより事故に至るリスクが小さいことが示された。

このような事故実績によるリスク評価の問題点は複数ある。まず、新幹線の事故の発生頻度が少ないため事故内容を絞っておらず、停車駅通過のような危険性の低い事故も含めた分析となっている点である。また、起こってはいないが、起こると大きな被害が発生する事故については考慮できないという点もある。また、事故を起こした後に行われる事故防止対策の効果によって、将来のリスクが変動する点もある。さらに、新幹線運転士に特有のエラーについても、事故実績だけでは十分に検討できない。

そこで、運転士の作業を分析し、そこで生じる可能性のあるエラーを抽出した上で、「事故の発生頻度」と「事故の被害の大きさ」との両要素を考慮した「総合的な判断」についてエキスパート評定を行い、AHP(Analysis Hierarchy Process)手法⁵⁾によってリスクの重みづけ推定を行うことで、これを補うこととした。

3. 相対的リスク評価²⁾

3.1 目的

新幹線運転士のエラーによるリスクが、在来線運転士のエラーによるリスクよりも、小さいことを明らかにする。また、新幹線運転士のエラーが在来線運転士のエラーと異なるものではないことを明らかにする。

3.2 方法

3.2.1 リスク評価の適応範囲

リスクの評価対象は、新幹線と在来線の列車運転士の行う運転取扱作業とした。想定する事故は、列車衝突・列車脱線といった運転保安に係る重大な事故に限定した。また、事故影響は、直接的な被害のみとした。

3.2.2 評価対象の抽出

A 鉄道会社の安全管理部門担当者を対象に、運転取扱作業における規程類をもとに、列車衝突・列車脱線に至る可能性のある運転取扱作業および想定されるエラーを聞き取った。エラーは「達成しようとした目標から、期待に反した人間の行動」と定義した。なお、居眠り、意識的な違反、知識不足や技能不足に起因する場合は除いた。

新幹線では20のエラー、在来線（信号手前で警報ベルを発し、運転士が所定の操作をしないと直ちにブレーキが動作する保安設備を有するもの）では71のエラーが抽出された。作業状況別のエラー数を表2に示す。

表2 作業状況別のエラー数

		新幹線	在来線
平常時	本線運転	0	18
	入換運転	1	14
異常時	車両・設備故障時	9	10
	救援列車取り扱い時	5	7
	閉そく及び信号	5	10
	特殊信号	0	7
	停止位置不良時	0	3
	気象異常時	0	2
小計		20	71

3.2.3 AHP 階層と調査票の作成

AHP 階層は、係員 (Level_1)、設備条件 (Level_2)、作業モード (Level_3)、作業状況 (Level_4)、作業内容 (Level_5)、エラー (Level_6)、エラーの背景要因 (Level_7) の7階層とした。AHP 階層は係員 (Level_1) において輸送指令員や車掌等を含んでいるが、ここでは運転士に限定し、Level_2～6までを評価対象とする(図2)。

設備条件 (Level_2) は在来線と新幹線を分け、作業モード (Level_3) は平常時と異常時を分け、作業状況

(Level_4) は平常時については本線運転と入換運転、異常時については設備車両故障時などの状況別に分けた。作業内容 (Level_5) は、例えば出発場面での信号確認などであり、エラー (Level_6) は信号を確認しないで出発などであり、エラーの背景要因 (Level_7) は「いつも進行現示なので、見なくても大丈夫と思う」などである²⁾。

次に、AHP 階層に基づき、調査票を作成した。エラー対比較のための調査票は、設備条件、作業モード、作業状況、作業内容を示し、その作業におけるエラーの対を左右に配置し、その下にエラーの背景要因を列挙したものである(図3)。また、作業内容対比較のための調査票は設備条件、作業モード、作業状況を示し、作業内容の対を左右に配置し、その下にエラーを列挙したものである。作業状況対、作業モード対、設備条件対の調査票も同様に作成されたものである。

3.2.4 評価手続き

A 鉄道会社の安全管理部門担当者数名をエキスパート評価者とした。評価者は AHP 階層の一覧表と調査票を使用して、評価を進めた。評価者は、「事故の発生頻度」と「事故被害の大きさ」との両要素を考慮した「総合的なリスク」の大小の比較評価を行った。なお、「事故の発生頻度」はエラーに起因する事故の発生頻度であり、作業頻度、エラー確率、事故確率に基づいて評価するよう指示した。決められない場合は同程度の評価とした。なお、エラーが3以上ある場合は、すべての組み合わせで評価を行った。

評価者各々が評価を行った後、合議を行って評価結果を決定した。

次に、作業内容対に対して「総合的なリスク」評価を行った。同様に、作業モード対を評価し、最終的には設備条件対である在来線と新幹線の対を比較評価した。

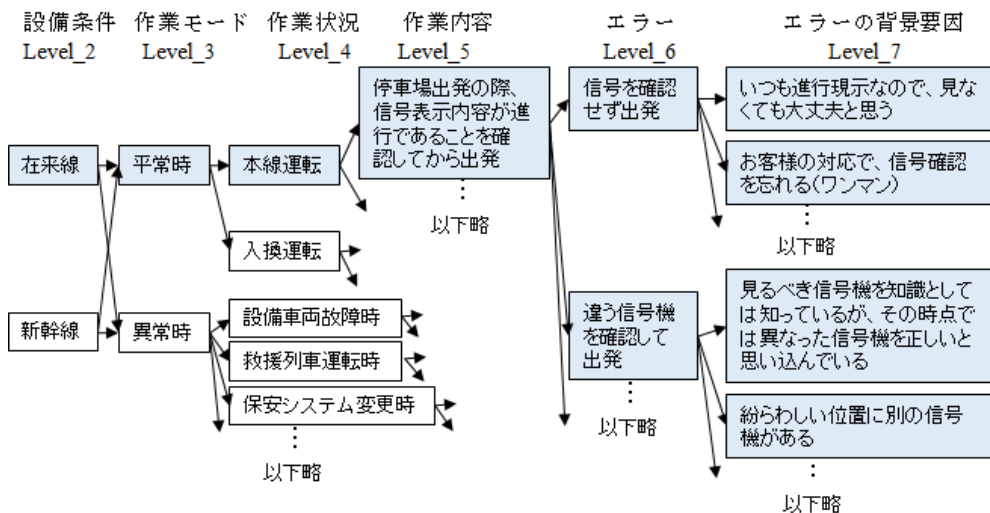


図2 AHP 階層の概要²⁾

運転士の停車場出発時の信号現示確認の運転取扱において 次に掲げるエラー行動のうち、どちらのエラー行動が総合的なリスクが高いと思いますか？			
	左 項目 リスク大	同 じく ら い	右 項目 リスク大
<input type="checkbox"/> 信号を確認しない	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
いつも進行現示なので、見なくても大丈夫と思う お客様の対応で、信号確認を忘れる(ワンマン) 異なった出発図につられる(いつも進行現示なので、見なくても大丈夫と思う) 遅れ回復など、時間へ意識がひかれて 意識低下後、他に熱中してハッとして時計を見てとられる			<input type="checkbox"/> 異なった信号機の現示を確認する 見るべき信号機を知識としては知っているが、その時点では異なった信号機を正しいと思い込んでいる 紛らわしい位置に別の信号機がある 別の信号が現示アップしたにつられる(先急ぎ傾向が出る) 遅れ回復など、時間へ意識がひかれて 意識低下後、他に熱中してハッとして時計を見てとられる

図3 調査票の例

3.3 結果

新幹線運転士のリスクは、在来線運転士のリスクより、小さいと評定された。

次に、評定結果に基づいて、AHPソフト⁵⁾を用いて、各エラーの相対的なリスクの重みを算出し、リスク値とした。新幹線と在来線のそれぞれについて、エラーをリスク値の大きさに順に並べ、値が大きく変化するところで複数のランクに分類した(図4、図5)。なお、リスク値は運転士以外の職種のエラーも含め、全体を100%としている。

評価値が大きいエラーについて、新幹線はA、Bランクを表3に、在来線はAランクを表4に示す。なお、これら上位ランクのエラーはすべて、作業モード「異常時」におけるエラーであった。

3.4 考察

作業モード、作業状況、作業内容、エラー、その背景要因を考慮し、新幹線運転士は在来線運転士と比較してリスクが小さいと評定されたことから、新幹線運転士のエラーによるリスクは在来線運転士のエラーによるリスクよりも小さいことが示された。

また、図4、図5において、新幹線運転士のエラーで最もリスク値の高いものは約0.6%、在来線運転士のエラーで最もリスク値の高いものは約1.3%であり、個々のエラーをみても、新幹線運転士のエラーによるリスクは在来線運転士のエラーによるリスクよりも小さいことが示された。

新幹線のランクAのエラー内容は在来線のランクAの一つめのエラーと同じであり、異常時で、指導者が乗ったので不要と思い、するべきことをせずに起動するものであった。

新幹線運転士のランクBのエラーの一つは入区後の転動防止手配におけるエラーで、もう一つは代用保安方式におけるエラーであった。

これらのエラーはすべて新幹線を高速で運転している状況におけるものではなく、新幹線に特有のエラーではないことが分かる。

以上のように、新幹線運転士は在来線運転士よりもリスクが小さく、新幹線のエラーが在来線運転士のエラーと異なるものではないことが分かった。

次に、以上の結論が、異なる事業者においても同様に判定されるのかについて検討する。

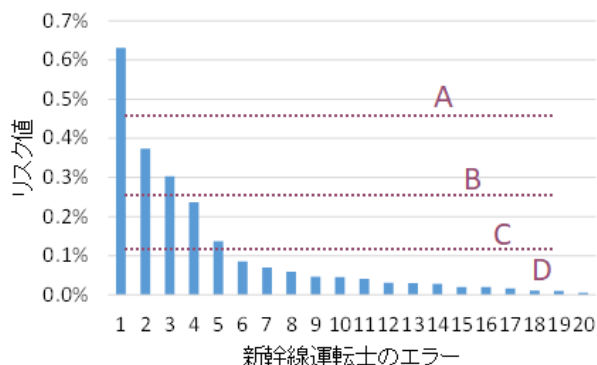


図4 エラーのリスク値とランク(新幹線)

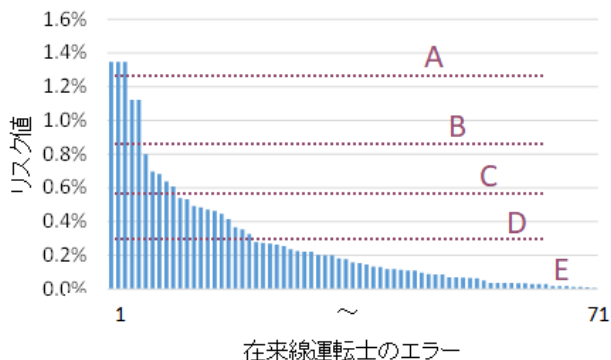


図5 エラーのリスク値とランク(在来線)

表3 ランク A, B エラー (新幹線運転士)

番号	作業状況	作業内容	エラー	背景要因
A	閉そく及び信号	代用閉そく方式に変更し、マニュアル運転で停車場進入前に停止限界標識で停止し、駅長等に通告する	停止せず、通告しないで進入する	知識はあるが、その場で想起できない(指導者が乗ったので不要と思った)
B1	入換運転	入区後、転動防止手配	十分ブレーキをかけずに、ハンドルを抜き取る	特定できない(早く戻りたいなど)
B2	閉そく及び信号	代用保安方式に変更し、指導者等同乗、出発合図を受けて出発する	合図がないのに、起動する	知識はあるが、その場で想起できない(指導者が乗ったので不要と思った)

表4 ランク A エラー (在来線運転士)

番号	作業状況	作業内容	エラー	背景要因
A1	閉そく及び信号	代用閉そく方式に変更し、指導者同乗等、出発合図を受けて出発する	合図がないのに、起動する	知識はあるが、その場で想起できない(指導者が乗ったので不要と思った)
A2	同上	閉そく信号機の故障があらかじめ通告されていて、無閉そく運転を行う	そのまま継続して運転する	知識がなかった(故障だから無閉そく運転が必要ないと判断した)または、使用停止と思い違えた
A3	同上	閉そく信号機の現示停止があらかじめ通告されていて、無閉そく運転を行う	そのまま継続して運転する	使用停止と思い違えた

4. 異なる事業者による相対的リスク評価

4.1 目的

異なる事業者においても、新幹線運転士のエラーによるリスクが、在来線運転士のエラーによるリスクよりも、小さいことを明らかにする。また、新幹線運転士のエラーが在来線運転士のエラーと異なるものではないことを明らかにする。

4.2 方法

4.2.1 リスク評価の適応範囲

リスクの評価対象は、3.2.1と同じであった。

4.2.2 評定の手続き

B 鉄道会社の安全管理部門担当者(以後、B 会社エキスパートとする)を対象に、A 鉄道会社の聞き取り調査によって作成された列車衝突・列車脱線に至る可能性のある運転取扱作業およびエラーの一覧表を説明して、加

除修正の必要性を聞き取った。

つぎに、A 鉄道会社評定による新幹線運転士の 20 のエラー、在来線運転士の 71 のエラーに対し、B 鉄道会社エキスパートが追加、削除、修正を行い、リスクランク結果を確認して、エラーとリスクランクとの対応について修正を行った。

さらに、新幹線運転士のエラーによるリスクと在来線運転士のエラーによるリスクを比較し、どちらが大きいかを B 鉄道会社エキスパートに評定を求めた。

4.3 結果

新幹線運転士については 11 のエラー、在来線運転士については 70 のエラーが残った。

また、新幹線運転士のリスクは、在来線運転士のリスクより、小さいと評定された。

上位ランクのエラーは新幹線在来線とも、各 1 つが加わった(表 5, 表 6)。

表5 ランク A, B エラー (新幹線運転士 B 社)

番号	作業状況	作業内容	エラー	背景要因
A	車両/設備故障時	保護接地スイッチ(EGS)を押す	EGS を押さない	動揺していた、気が回らない隣接線のことまで気が回らない必要でないと考えた
B	表3のAと同じ			

表6 ランク A エラー (在来線運転士 B 社)

番号	作業状況	作業内容	エラー	背景要因
A1	表4のA1と同じ			
A2	閉そく及び信号	代用閉そく方式に変更し、指導者等同乗、出発合図を受けて出発する	誤った合図につられて、起動する	(推定せず)
A3	表4のA3と同じ			

4.4 考察

B 鉄道会社においても、A 鉄道会社と同様に、新幹線運転士のエラーによるリスクは在来線運転士のエラーによるリスクよりも小さいことが示された。

新幹線の A ランクエラーは、平常時ではなく、車両／設備故障時のエラーである。保護接地スイッチが要請される事態が発生する可能性が高まっているなかでは、速度規制の措置がとられていると考えられる。また、EGS を押さないことは在来線における防護無線発報をしないことと同じエラーである。したがって、上位ランクのエラーは、新幹線を高速で運転している状況でのものではなく、新幹線に特有のエラーではないことが示された。

また新幹線の B ランクエラーは、A 鉄道会社の評価における新幹線ランク A と同じであった。そして、B 鉄道会社の在来線の A ランクエラーと内容的に同じであった。

5. 総合考察

事故実績によるリスク評価でも、鉄道会社のエキスパートによる相対的リスク評価でも、異なる鉄道会社のエキスパートによる相対的リスク評価でも、新幹線運転士のエラーによるリスクは在来線運転士のエラーによるリスクよりも小さいことが示された。

エラー内容についても、いずれの鉄道会社のエキスパートからも、上位ランクのエラーは新幹線を高速で運転している状況のものではなく、新幹線に特有のエラーではないことが確認された。

ただし、今回の結果は約 20 年前に行ったリスク評価に基づくものであり、それが現時点でも有効であるかについては考察が必要である。

事故実績についてみれば、2004 年以降運輸安全委員会で報告書が作成された新幹線の事故は 5 件で、これら

は地震などによるもので運転士のエラーは原因となっていなかった。一方、在来線の事故については 264 件があり、運転士のエラーによる事故も含まれていた。これは、現時点においても、新幹線運転士は在来線運転士と比較して、エラーから事故に至るリスクが小さいことを示している。

以上のことから、新幹線運転士のみを対象とした高速適応検査を実施し、合格基準を在来線運転士より高くする必要性は低いと考えられる。

6. おわりに

リスク評価結果から、新幹線運転士のエラーによるリスクは在来線運転士のエラーによるリスクよりも小さいことが示された。上位ランクのエラー内容について、新幹線を高速で運転している状況でのエラーではなく、新幹線に特有のエラーではないことが示された。ここから、新幹線運転士にのみ実施されている高速適応検査の必要性は低いと判断できる。

文献

- 1) 適性検査研究会編：適性検査 Q&A (三版)，日本鉄道図書株式会社，pp.72-74, 1984
- 2) 宮地由芽子，井上貴文，喜岡恵子，赤塚肇，藤原浩史：鉄道運転取扱作業におけるヒューマンエラーのリスク評価の提案，「信頼性」(第 16 回信頼性シンポジウム)，Vol.25, No.8, pp.893-896, 2003
- 3) 宮地由芽子，赤塚肇，井上貴文：鉄道運転取扱作業におけるヒューマンエラーのリスク評価の提案 (2)，「信頼性」(第 13 回春季信頼性シンポジウム)，pp.53-56, 2005
- 4) 内閣府 (編)：交通安全白書 平成 14 年度，財務省印刷局，p.9, 2002
- 5) 木下栄蔵：AHP の理論と実際，日科技連，2000