

高速進行信号の確認に必要な視力の調査

小美濃 幸司* 笠原 悦夫**

Investigation of Eyesight Required for Recognizing High Speed Signals

Koji OMINO Etsuo KASAHARA

An investigation was conducted to collect the fundamental data required to reevaluate the eyesight standards for the physical examination of train drivers. It was especially important to determine if drivers could recognize High Speed Signals as a train was proceeding at a speed of about 160 km/h. Test subjects were required to wear the glasses that adjusted their grade of eyesight to projected visual conditions and to identify signals from a driver's cab.

Data were acquired concerning about three aspects, "Success in signal recognition", "Signal clarity" and "Distance necessary for recognizing signals", for the ranger of eyesight grade from 0.4 to 1.2.

キーワード：視力，高速進行信号，信号確認試験，運転士，人間工学

1. はじめに

日本は少子高齢化社会を迎え、鉄道事業者にとって動力車操縦者（運転士）の確保が難しい状況になりつつある。加えて、若年成人層の視力の低下傾向や定年延長などによる高齢の運転士の増加傾向などから、運転免許に要求される医学適性、特に視機能の基準に適合しないものが増えていることも運転士確保の懸念材料となっている。一方、保安設備等の安全運行に関わる技術が進歩し、また眼鏡などの進歩など、運転環境も大きく変化してきている。このような状況から、優秀な運転士の確保のため、1959年から適用されてきた運転士免許に係わる視力基準の見直しを求める声が大きくなってきていた。

このような社会的背景から、1994年に「動力車操縦者に関して必要な身体検査（視力）の合格基準の調査検討会」により運転免許試験に係わる視力基準について一部基準の緩和が提案され¹⁾、これを受けて省令が改正された（表1）。検討会では「動力車操縦者に必要な視力を考える上では地上信号機の現示を600m離れた地点から確認できる視力が基本となる」とし、信号確認に係わる視力の調査を行った。運転士を被験者とし、片眼視力各1.0、各0.7、各0.4となるように処方した試験用眼鏡を装着して、定置で信号確認を行うという方法がとられた。この結果「視力が両眼とも0.7あれば600m先の信号を十分認識できる」とされた。

試験結果を含め様々な観点から検討され、各眼の視力

表1 「動力車操縦者運転免許に関する省令」に定められた視力基準の抜粋

	視力基準内容
1959年省令改正	次のいずれかに該当すること。 イ 各眼が裸眼で1.0以上であること。 ロ 1眼が裸眼で1.0以上であり、かつ、他の1眼が裸眼で0.2以上であって屈折度が2.0ジオプत्री以下の矯正眼鏡により1.0以上に矯正できること。 ハ 各眼が裸眼で0.2以上であり、かつ、屈折度が3.0ジオプत्री以下の矯正眼鏡により1.0以上に矯正できること。この場合において、矯正に用いた両眼の矯正眼鏡の屈折度の差は、2.0ジオプत्री以下であること。
1994年省令改正	各眼の視力が裸眼で1.0以上又は矯正眼鏡（近視にあつては8.0ディオプत्री以下の屈折度のもの、遠視にあつては3.0ディオプत्री以下の屈折度のものに限る）により1.0以上に矯正できること。
2012年省令改正	視力（矯正視力を含む。）が両眼で1.0以上、かつ、一眼でそれぞれ0.7以上であること。

* 人間科学研究部 人間工学研究室

** JR 東日本健康推進センター



図1 信号現示例(高速進行(GG):左,進行(G):右)

矯正の屈折度について基準の緩和が提案された。しかしながら、委員会報告書では視力の値そのものの緩和についての検討にも触れているものの、この時点では安全の確認に議論の余地が残るとされた。さらに、当時導入されようとしていた高速進行信号現示(GG;図1左)の視認性についても言及されており、その確認試験を行うことにより一層確信をもてるものとなろうと述べられている。

以上の調査経緯を踏まえ、2011年「動力車操縦者の視力に関する調査検討委員会」において、視力基準のさらなる見直しが検討された²⁾。そして、その結果を受けて2012年4月に視力基準が改正された(表1)。その際重要検討項目の1つとして、対象信号現示をGGとした、地上信号機の確認に要する視力についての基礎調査が行われた。この調査は鉄道総研が委員会より依頼を受けて実施したものであり、本報告はその調査方法と結果について報告するものである。

2. 調査方法

定置での確認であれば、既存の知見からGG自体は他の信号現示と同等の視認性を有していると考えられる。一方、実際の確認環境は、約160km/hの高速走行中ということであり、この点が他の信号の確認とは異なる。したがって、今回の調査は、営業線での走行試験という方法で行うこととした。運転室に被験者が添乗し、調査用に処方された視力調整眼鏡(またはコンタクトレンズ)を装着して、GGを信号機外方600mの位置から確認できる視力を調べた。また、参考として進行現示(G;図1右)に対しても同様に調べた。

2.1 調査日時

調査は2011年11月28日(月)～12月1日(木)の8時から15時半までの間に行われた。4日間の天候はそれぞれ曇り、曇り(最後に時々薄日)、晴れ、雨のうち曇りであった。また、日の出時刻、日の入り時刻は約6:30、約16:30であった。

2.2 視力条件

GGは現在既に信号現示として営業で使用されており、現行の視力基準の各眼1.0の視力であれば問題ないことが確認されている。したがって、今回の調査で要求される視力の範囲は、概ね各眼1.0程度およびそれ以下とされた。また、先の調査¹⁾を参考として下限は各眼0.4程度とされた。この範囲の視力データを得るために、調査用に処方した両眼視力1.0、片眼視力各0.7、片眼視力各0.4の3種類の矯正眼鏡を被験者に装着させ、信号の確認を行うこととした。また、本報告には含めないが、参考として一部の被験者にはコンタクトレンズを処方した。

2.3 被験者

被験者は運転士または運転経験者、計18名であった。運転室に被験者4名ずつが添乗して調査を行った。15名が視力3条件すべてで信号確認を行い、3名が視力1条件のみ行った。

2.4 調査対象区間および信号現示

京成電鉄成田空港線の下り線の千葉ニュータウン中央駅～空港第2ビル駅間を調査対象区間とした(図2)。なお、東松戸～小室間で、被験者の信号確認評価の練習を行った。

調査対象信号機は、確認の際、直線1000mの見通しを確保できる、以下の5つの信号機とした。ただし、営業走行中であることから、たまたま対象信号機の現示がGまたはGG以外であった場合、確認調査の対象とした。

- (1) Gの確認の対象：千葉ニュータウン中央・印旛日本医大間(130km/h走行区間)の2つの閉そく信号機(No.1とNo.2)
- (2) GGの確認の対象：印旛日本医大・空港第2ビル間(160km/h走行区間)の3つの閉そく信号機(No.3～No.5)

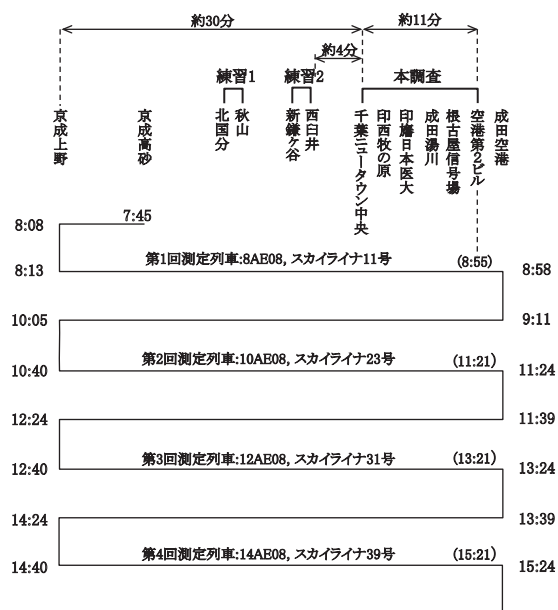


図2 調査行路

2.5 測定項目

被験者が信号現示を確認し、信号機外方 600m での信号現示の確認の正誤、見え方、信号を確認できた距離について調べた。

(1) 信号確認の正誤

信号機外方 600m で確認した信号現示を評価用紙に回答し、正しく認識できたかを確認した。

(2) 見え方

信号機外方 600m で確認した信号現示の見え方を評価用紙に回答し、主観評価を行った。見え方の評価の点数は以下の通りとした。

評価：0. 全然見えない。

1. 何かあるけれど、見えない。
2. 何とか見えるが、あまり自信がない。
3. 見えるけれども、努力を要する。
4. 見えるけれども、形や輪郭まで完全に見えるわけではない。
5. だいたい普通に見える。形や輪郭まではっきり見えるが、もっと見やすくなる余地が残っている気がする。
6. 非常に見やすい。ちょうど適当な気がする。
7. 十分に見えすぎて不快である。

(3) 確認距離

信号現示が確認できた時点で、信号現示に対応するボタンを押し、信号機からの距離（確認距離）を測定した。

(4) 視力

視力は日時、体調などで変化するため、当日試験前に調査用眼鏡を装着した時の視力を測定し、今回の視力データとした。

3. 結果

3.1 走行速度

信号機 No.1 と No.2 については信号機外方 600m 地点ですべて G が現示され、その時の走行速度は 120km/h ~ 130km/h であった。

信号機 No.3, No.4, No.5 については、次の 2 件を除き、信号機外方 600m ですべて GG が現示されており、その時の走行速度は 154km/h ~ 157km/h であった。1 件は計画では GG であったが、列車が信号機外方 600m 地点を走行している時に G が現示されており、その時の走行速度は 157km/h であった。もう 1 件は計画では GG であったが、外方 600m 付近で G から GG に現示が切り替わり、その時の走行速度は 152km/h であった。なお、上記 2 件のうち、後者は信号現示の切り替わりのタイミングが確認終了時点で重なったことで調査目的に沿った測定が行えなかった可能性があり、以降の集計データから除くこととした。

3.2 信号確認の正誤

調査用眼鏡を装着した場合の信号機外方 600m での信号確認結果について「確認誤り」または「わからない」と回答した件数を表 2 に示す。

確認件数全 222 件中、「確認誤り」または「わからない」と回答した件数は 25 件（11%）あり、うち 24 件は GG を正しく確認できなかったものである。G を正しく確認できなかった 1 件は両眼視力が 0.9、かつ左右いずれか低い方の片眼視力が 0.6 であった。

両眼視力 1.0 以上の被験者でも 1 件の「確認誤り」と 3 件の「わからない」との回答があり、両眼視力 1.0 以上で確認した全件数(77 件)に占める割合は約 5% であった。これらの回答は被験者 3 名によるもので、いずれの被験者も左右いずれか低い方の片眼視力が 0.6 の場合であった。

なお、調査全体を通じて、左右いずれか低い方の片眼視力が 0.7 以上の条件では「確認誤り」または「わからない」という回答はなかった。

両眼視力に対して信号確認が正しく行われたかどうか

表 2 信号現示の確認誤りの件数

両眼視力	左右低い方の片眼視力	「確認誤り」または「わからない」(件)	全件数 (件)
0.4	0.3	3	5
0.5	0.3	4	15
0.6	0.2	2	5
	0.3	0	10
	0.4	6	25
0.7	0.3	2	5
	0.4	1	15
	0.5	0	5
	0.6	2	5
0.8	0.5	0	5
	0.6	0	10
0.9	0.6	1	30
	0.7	0	10
1.0	0.3	0	5
	0.6	2	43
	0.7	0	14
	0.8	0	5
1.2	0.6	2	5
	0.7	0	5
合 計		25	222

を信号現示別に求めた正答率を図3に示す。Gについてはほぼ確認間違いはみられないが、GGについて両眼視力の影響が見られた。視力1.2を除けば両眼視力が上がるとGGの信号確認正答率も上がる傾向がみられる。なお、両眼視力0.4および1.2については、データ件数が少ないため傾向が不安定であると考えられ、データの補強が必要である。

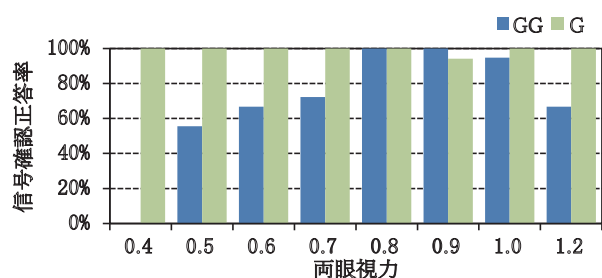


図3 両眼視力と信号確認正答率

3.3 視力と信号の見え方

信号現示の見え方の評価で「7. 十分に見えすぎて不快である」という回答はなかった。

「0. 全然見えない」とした回答は1件あり、両眼視力0.6かつ左右いずれか低い方の片眼視力が0.2であった。

「1. 何かあるけれど、見えない」とした回答は17件あり、うち両眼視力1.0以上の場合が3件であった。これら3件は2名の被験者による回答であり、2名とも視力条件は左右いずれか低い方の片眼視力が0.6の場合であった。また、「0. 全然見えない」および「1. 何かあるけれど、見えない」と回答があった対象の信号現示はすべてGGであった。

「2. 何とか見えるが、あまり自信がない」と回答した件数は34件あり、うち両眼視力1.0以上の場合が7件で、約2割を占めていた。この回答の34件はいずれも左右いずれか低い方の片眼視力が0.6以下の場合であり、対象の信号現示はGGが29件、Gが5件という内訳であった。

調査全体を通じて、左右いずれか低い方の片眼視力が0.7以上の条件では「3. 見えるけれども、努力を要する」から「6. 非常に見やすい。ちょうど適当な気がする」の回答範囲にあった。

両眼視力に対する信号の見え方の評価平均値を信号現示別に図4に示す。Gの方がGGよりも見え方の評価が良い。また、GおよびGGともに両眼視力1.2を除けば、両眼視力が上がると信号の見え方もよく見えるようになる傾向がうかがわれる。なお、平均値が「3. 見えるけれども、努力を要する」を超えるのはGでは視力0.5程度、GGでは0.8程度となっている。

ところで、「3. 2 信号確認の正誤」で述べたように、両眼視力が1.0以上であり、かつ左右いずれか低い方の片眼視力が0.7以上であれば信号確認の誤りはない。さらに上述のように見え方も「3. 見えるけれども、努力を

要する」から「6. 非常に見やすい。ちょうど適当な気がする」という回答範囲にあった。一方で両眼視力が1.0以上であり、かつ左右いずれか低い方の片眼視力が0.6以下の場合には信号確認の誤りがあり、かつ見え方にも「1. 何かあるけれど、見えない」という回答がみられた。両眼視力0.4および1.2についてはデータ件数が少ないためデータの補強が必要であるが、1.0および1.2でも誤確認の可能性があった。前述の通り、これらのケースは全て左右のいずれか低い方の片眼視力が0.6以下であり、両眼視力だけでなく片眼視力が信号確認に影響していることが推察される。そこで、データ件数が比較的多く、左右いずれか低い方の片眼視力も0.3～0.8と比較的広い範囲に被験者が存在した両眼視力1.0のデータについて、片眼視力に対する信号の見え方の評価平均値を求めた(図5)。両眼視力1.0に限定した場合にはあるが、左右いずれか低い方の片眼視力が高くなるとGGおよびGの見え方の評価が高くなる傾向にある。統計的にも有意な相関があり(GGについては相関係数 $r = .404, p < .05$, Gについては $r = .428, p < .05$)、左右いずれか低い方の片眼視力が良くなるほど見え方の評価が高くなる傾向が見られた。この結果は、両眼視力が比較的良くても(1.0程度見えていたとしても)、各眼で少なくとも一方に低い視力があると信号の見え方が悪くなることを示している。

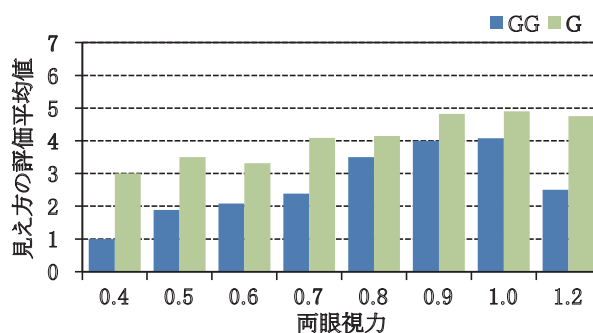


図4 両眼視力と信号の見え方評価の平均値

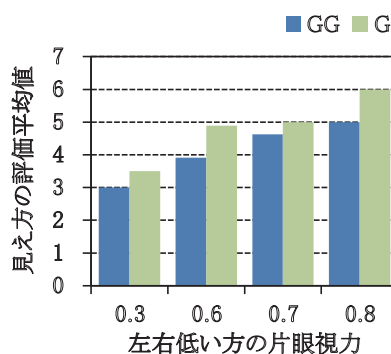


図5 両眼視力1.0における左右低い方の片眼視力と信号の見え方の評価平均値

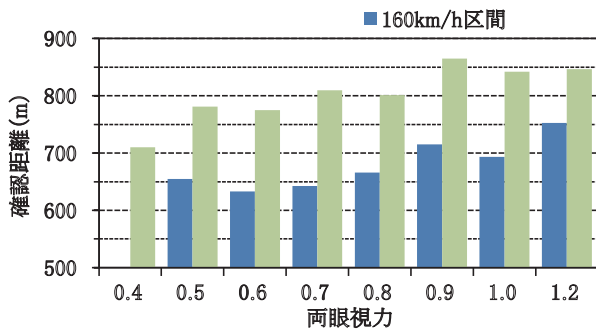


図6 両眼視力と信号確認距離の平均値

3.4 信号確認距離

「3.2 信号確認の正誤」で述べた「確認誤り」または「わからない」ケースを除外し、速度区別に信号確認距離を集計した。計画上はGの確認は最高速度130km/h区間、GGの確認は160km/h区間で実施予定であったが、実際確認された現示は130km/h区間では90件全てGであり、160km/h区間では105件がGG、2件がGであった。

130km/h区間に対しては600mまでに概ね確認されており、視力とともに600mまでの距離余裕が大きくなる傾向にある。これらの信号機の平均確認距離は信号機を基準として820m(計90件)であった。

実際には確認してからボタンを押すまでの遅れ時間があると考えられた。最大の遅れは35m(確認距離565m)であり、信号機外方600m地点通過から約0.9秒後という時点での回答である。

160km/h区間では600mまでに概ね確認されており、信号機の平均確認距離は信号機を基準として681m(計107件)であった。最大の遅れは61m(確認距離539m)であり、信号機外方600m通過から約1.4秒後という時点での回答である。

両眼視力に対する信号確認距離の平均値を図6に示す。Gの方がGGよりも確認距離が長い。また、GGおよびGともに両眼視力が高くなるに従い確認距離が長くなる傾向がうかがわれる。

「3.3 視力と信号の見え方」での考察と同様に確認距離についても、両眼視力1.0に着目し、片眼視力に対する信号確認距離の平均値を求めてみた(図7)。Gについて左右いずれか低い方の片眼視力が悪い(不同視の状態が拡大する)と確認距離が短くなる傾向がみられるが、左右いずれか低い方の片眼視力に比例して確認距離が長くなる傾向とは言えなかった。また、GGについては左右いずれか低い方の片眼視力と確認距離との間に特に傾向はみられなかった。

3.5 現示GGとGとの統計的比較

今回の調査ではGGとGの2種類の現示について確認を行った。結果として確認時の走行速度は、GGに対して走行速度154km/h～157km/hであり、Gに対して

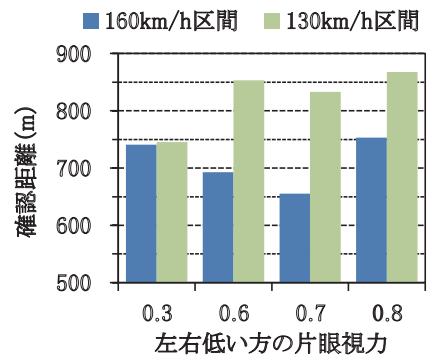


図7 両眼視力1.0における左右低い方の片眼視力と信号確認距離の平均値

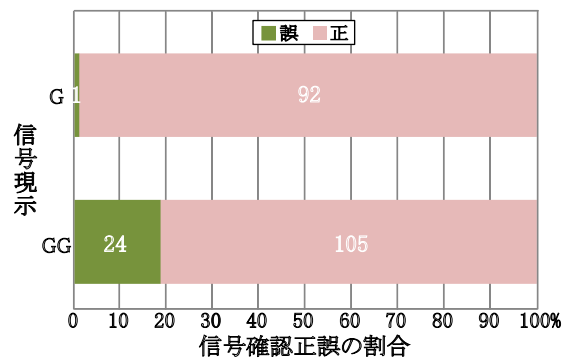


図8 信号確認の正誤割合

※グラフ中の白抜き数字は該当件数を表す。

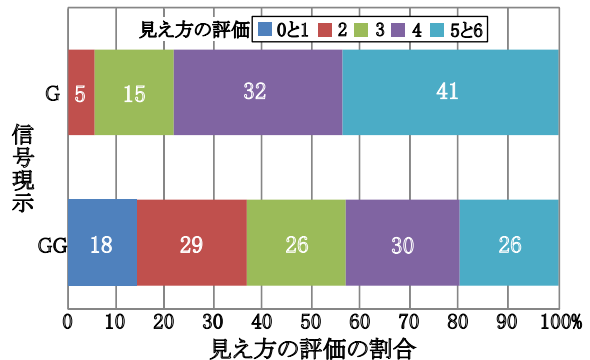


図9 信号現示の見え方評価の分布

※グラフ中の白抜き数字は該当件数を表す。

走行速度157km/hの1件を除き120km/h～130km/hとなっていた。今回の主な調査目的がGGの信号確認に必要な視力であり、走行速度を含めて考えた時のGGとGの比較の観点から整理したのが図8、図9、図10である。

図8は信号確認の正誤割合についての比較であり、GGはGに比べて「確認誤り」が多かった($\chi^2(1) = 14.9, p < .01$)。

図9は信号現示の見え方の分布についての比較であり、GGはGに比べて見やすさが劣る傾向にあった($\chi^2(4) = 36.4, p < .01$)。なお、ここでは度数の少なさを評価0と1を併せ、5と6を併せて、5つのカテゴリー(評価7という回答はなかった)として扱った。

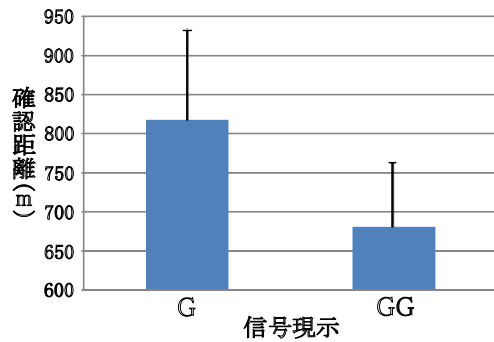


図10 信号確認距離の平均値
※グラフの縦線は標準偏差を示す

図10は信号確認距離の平均値についての比較であり、GGおよびGに対して、それぞれ平均681mおよび平均818mであり、GGはGに比べて距離が短かった ($t(195) = -9.580, p < .01$)。

以上、GGとGについての結果の比較より、GGはGよりも確認が難しい信号現示であることがわかった。GGを確認するためにはGよりも高い視力が必要と考えられる。

4. まとめ

運転士または運転経験者が被験者として運転室に添乗し、調査用に処方された視力調整用の眼鏡を装着して、高速進行 (GG) および進行 (G) の信号現示を信号機外方600m位置より確認できる視力について調査した。調査項目は「信号確認の正誤」「見え方」「確認距離」であり、以下の結果を得た。

- (1) GGとGを600mから確認した結果、確認件数全222件中「確認誤り」または「わからない」と回答した件数は25件(11%)あり、うち24件はGGを正しく確認できなかったものである。25件の中には両眼視力1.0以上の被験者4件(「確認誤り」1件と「わからない」との回答3件)が含まれ、両眼視力1.0以上で確認した全件数(77件)に占める割合は約5%であった。これらの回答事例は全て、左右いずれか低い方の片眼視力が0.6の場合であった。

調査全体を通じて、左右いずれか低い方の片眼視力が0.7以上の条件では「確認誤り」または「わからない」との回答はなかった。

- (2) 「1. 何かあるけれど、見えない」とした回答は17件あり、うち両眼視力1.0以上の場合が3件であった。これら3件は2名の被験者による回答であり、いずれも、左右いずれか低い方の片眼視力が0.6の場合であった。また、「0. 全然見えない」および「1. 何かあるけれど、見えない」と回答があった対象の信号現示はすべてGGであった。

「2. 何とか見えるが、あまり自信がない」と回答した件数は確認件数全222件中34件あり、うち両眼視力1.0以上の場合が7件と、約2割を占めていた。この回答の34件は全て、左右いずれか低い方の片眼視力が0.6以下の場合であり、対象信号現示はGGが29件、Gが5件という内訳であった。

調査全体を通じて、両眼視力が高いほど見え方の評価が良かった。また、左右いずれか低い方の片眼視力による影響がみられ、その片眼視力0.7以上の条件では「3. 見えるけれども、努力を要する」から「6. 非常に見やすい。ちょうど適当な気がする」の回答範囲にあった。

- (3) 最高速度130km/h区間の信号に対しては600mまでに概ね確認されており、信号機を基準とした90件の平均確認距離が820mであった。最高速度160km/h区間の信号に対しては600mまでに概ね確認できているが、距離余裕が小さい傾向がみられ、信号機を基準とした107件の平均確認距離が681mであった。いずれも両眼視力が高いほど確認距離が長い傾向が見られた。
- (4) 以上の結果から、GGがGよりも高い視力が必要であると考えられた。また、信号確認は両眼視力だけでなく、各眼の視力にも影響を受けると考えられ、「両眼視力1.0以上、かつ左右いずれか低い方の片眼視力が0.7以上」であることが、GGの確認に必要であると考えられた。

5. おわりに

本調査は「動力車操縦者の視力に関する調査検討委員会」を主宰する一般社団法人日本鉄道運転協会殿からの依頼を受けて実施したものであり、委員会報告書²⁾に本成果が活用された。この委員会報告書を受け、平成24年4月に動力車操縦者運転免許試験に係わる視力基準に関する省令が改正された。この改正が鉄道事業の安全性向上と優秀な運転士人材確保に貢献することを期待する。

謝辞

本調査にあたり、「動力車操縦者の視力に関する調査検討委員会」関係者および場所を提供して頂いた京成電鉄株式会社に対し、謝意を表します。

文献

- 1) 日本鉄道運転協会:動力車の操縦に関して必要な身体検査(視力)の合格基準の調査検討報告書, 日本鉄道運転協会, 1994
- 2) 日本鉄道運転協会:動力車操縦者の視力に関する調査検討報告書, 日本鉄道運転協会, 2012