

# 節電ダイヤに対する鉄道利用者の評価分析

鈴木 孝典<sup>1</sup>・藤生 慎<sup>2</sup>・高田 和幸<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 学士（工学） 東京電機大学大学院理工学研究科（〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂）  
E-mail:10rmk19@ms.dendai.ac.jp

<sup>2</sup>学生会員 修士（工学） 東京大学大学院学際情報学府（〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1）  
E-mail: fujiu@iis.u-tokyo.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 博士（工学） 東京電機大学理工学部（〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂）  
E-mail:takada@g.dendai.ac.jp

2011年3月11日（金）に発生した東北地方太平洋沖地震は、東北地方を中心に甚大な物的・人的被害をもたらした。また福島県内の原子力発電所被災による電力供給不足の懸念から、首都圏では特定地域への電力供給を順に停止する「計画停電」が実施された。鉄道事業者は、運行本数の削減、優等列車の運行休止等を実施して節電したが、このときの鉄道サービスは利用者に不便を強いるものであった。一方、鉄道利用者にとっては、従前の鉄道サービスを改めて評価する機会となった。このような背景を踏まえ、本研究では、節電運行に伴う利用者の行動変化、サービスに対する満足度（不満度）評価、鉄道サービスの低下に係る金銭的価値の評価を行った。

**Key Words** : 節電運行, 行動変化, 不満度調査, 支払意志額

## 1. はじめに

2011年3月11日（金）の東北地方太平洋沖地震は、東北地方を中心に甚大な物的・人的被害をもたらした。また福島県内の原子力発電所の被災に伴い、電力の供給量不足の懸念が生じ、首都圏では特定地域への電力供給を順に停止する「計画停電」が実施された。計画停電の実施より、市民生活が大きく混乱したことは記憶に新しい。

一方、鉄道事業者は、運行本数の削減、優等列車の運行休止、エスカレータの使用制限等を実施して節電を行った。このときの鉄道サービスは、従前に比べて、所要時間増大、定時性悪化、混雑悪化など、利用者に不便を強いるものであった。

鉄道の運行が長時間に渡って休止し、多くの利用者の移動が制約された出来事は、これまでも度々起きていたが、今回の節電目的による鉄道サービスの低下は、全ての利用者に不便が及んだという点で、これまでにない出来事であったと言える。一方、節電運行時に鉄道利用者は、従前の鉄道サービスの利便性を改めて評価したものと考えらる。

そこで筆者らは、利用者がどのような点に強い不満を抱き、またどのようなサービス改善を求めているのかを再確認する絶好の機会と捉え、節電運行時のサービスに対する評価、および改善に対する要望について調査・分析することとした。

本論の構成は以下の通りである。はじめに、第2章で分析に用いたデータの詳細を記す。第3章では、

節電運行時の鉄道利用者の行動変化に関する分析結果を記す。また第4章では、節電運行時の鉄道サービスに対する満足度に関する分析結果を記す。さらに第5章では、従前のサービスに戻すために支払ってもよいと考えた額（支払意志額）に関する分析結果を記す。第6章では、本研究の成果と今後の課題を記す。

## 2. データ概要

### (1) 調査概要

民間のインターネットリサーチ会社・株式会社マ

表1 使用データ

	通常時	節電運行時
鉄道データ	-出発駅・到着駅 -乗換駅 -出発時刻 -認知所要時間	-出発駅・到着駅 -乗換駅 -出発時刻 -認知所要時間 -最短所要時間 -鉄道サービスに対する不満度 -節電運行解消に対する支払意志額
個人属性	-性別 -年齢 -既婚の有無	-子供の有無 -居住地 -職業 -年収

クロミルの調査モニターを活用したアンケート調査を実施した。アンケートの調査項目は表1に示す通りである。また被検対象者は以下の通りとした。

- ・1都3県（東京，千葉，埼玉，神奈川）居住者
  - ・週に1日以上鉄道を利用して通勤している者
  - ・震災当日，帰宅に際して不便を被った者
- 調査では5052名から回答を得た。

## (2) 所要時間データ

東北地方太平洋沖地震が発生する以前の鉄道の運行状況を通常運行と呼ぶことにする。通常運行時の「最短所要時間」については，YAHOO!JAPANの路線検索の結果に基づいて設定した。また，アンケート調査の質問（「乗車駅から降車駅までの移動に，どのくらいの時間がかかっていますか？」）に対する回答を，鉄道利用者の「認知所要時間」と設定した。さらに，「認知所要時間」と「最短所要時間」との差を，鉄道利用者が見積もっている「余裕時間」と設定した。

## 3. 計画停電に伴う鉄道通勤行動の変化

節電運行時，人々の通勤行動には大きな変化が生じていたと考えられる。そこで当時の通勤行動の特性（所要時間・出発時刻・認知所要時間・移動経路）について分析を行った。

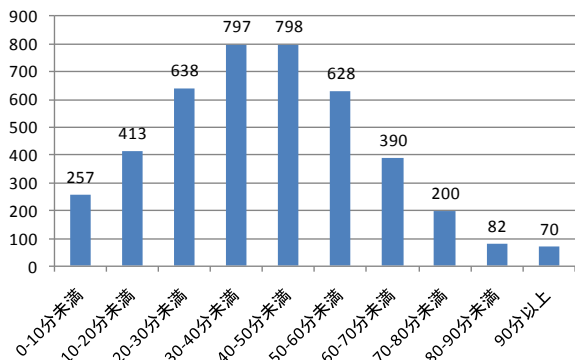


図1 通常運行時における所要時間分布

## (1) 所要時間の変化

通常運行時と節電運行時の所要時間分布を調べた（図1，図2）。通常運行時には，30-40分，40-50分の回答が多い一方，節電運行時には，60-70分の回答が多く，さらに90分以上と回答した者が増加していることが見て取れる。平均所要時間は，通常運行時の41.6分に対して，節電運行時には71.9分と増加していることから，概して所要時間は増加したと考えられる。

## (2) 認知所要時間の変化

認知所要時間の変化について調べた。結果を図3に示す。およそ60%の人が認知所要時間が増大したと回答し，また35%の人が変化していないと回答した。ここで乗換回数の変化と認知所要時間の変化との関係を調べた。結果を図4に示す。乗換回数の増加に伴い認知所要時間が増加していることが見て取れる。このことより，乗換回数がより増える経路を利用するようになった場合には，認知所要時間が長くなるということが分る。

## (3) 移動経路の変化

移動経路の変化について調べた。結果を図5に示す。約30%の利用者が移動経路を変更したと回答している。次に，出発駅・到着駅の変化について調べた。結果を図6に示す。移動経路の変化と同じく，約30%程度の人が出発駅もしくは到着駅を変更していることが見て取れる。このことから，節電運行時

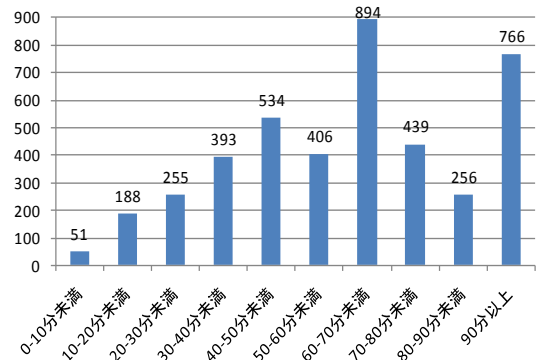


図2 節電運行時における所要時間分布

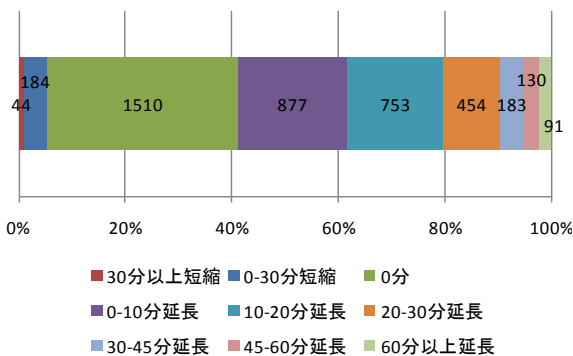


図3 認知所要時間の変化割合

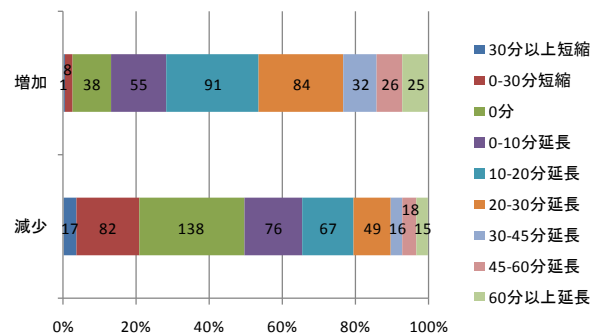


図4 認知所要時間変化と乗換回数変化の関係

に移動経路もしくは出発駅・到着駅を変更した利用者は約60%になることが分かる。

#### (4) 出発時刻の変化

出発時刻がどのように変化したかを調べた。結果を図7に示す。60%以上の者が出発時刻を早めていたという結果が得られた。次に、早めた時間と認知所要時間との変化について調べた。結果を図8に示す。出発時刻を早めるほど、認知所要時間が長くな

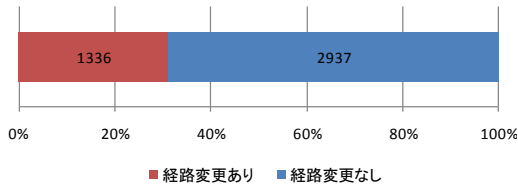


図5 移動経路の変化

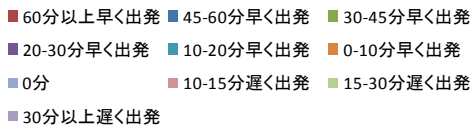
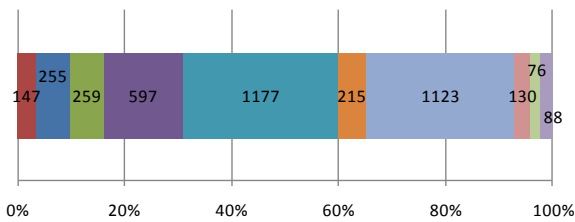


図7 出発時刻の変化割合

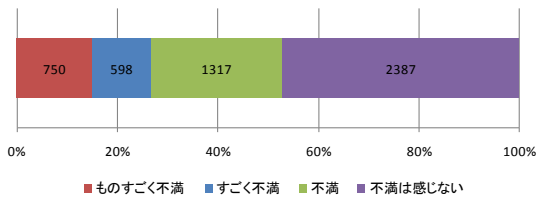


図9 節電時の鉄道サービスに対する満足度

っていることが読み取れる。(1)の結果と併せて考えると、所要時間の増大に対して、多くのものは集発時刻を早めて対応したという結果を示すものである。

#### 4. 計画停電に伴う鉄道サービスに対する満足度評価

鉄道利用者の節電運行時の鉄道サービスに対する満足度について調べた。結果を図9に示す。鉄道サービスに対して50%以上の利用者が不満に感じていることが明らかとなった。次に、節電運行時の鉄道の運行や駅構内についての満足度評価について調べた。結果を図10に示す。電車内の混雑・webによる経路検索に節電運行ダイヤが反映されない(S17)・運行本数の削減(S10)など鉄道通勤の

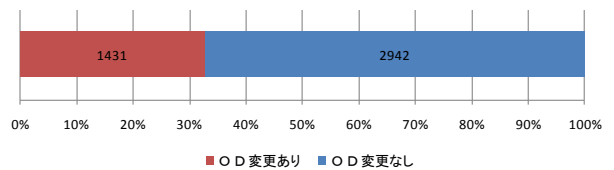


図6 出発駅・到着駅の変化

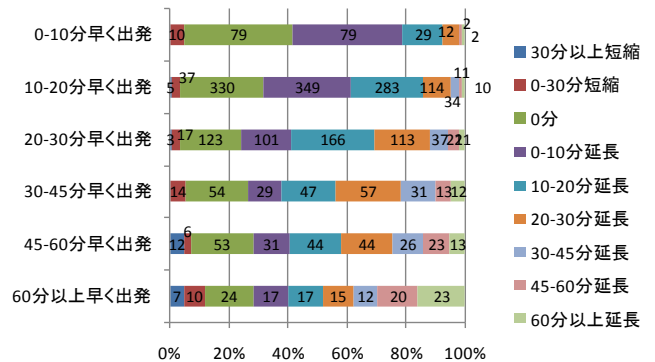


図8 出発時刻変化と認知所要時間変化の関係

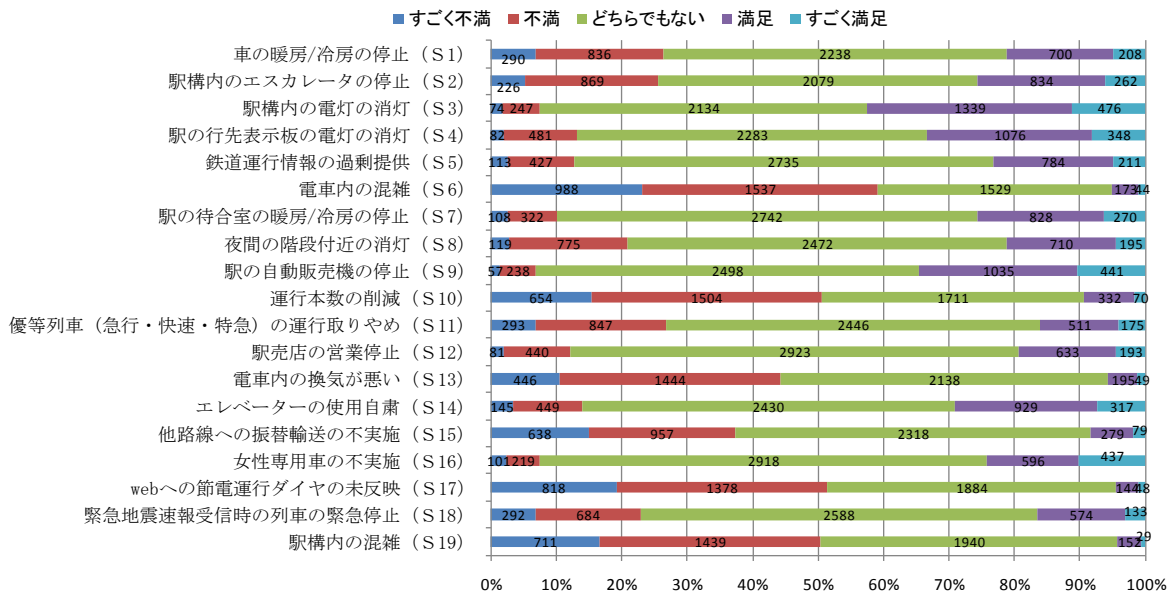


図10 各鉄道サービスに対する満足度

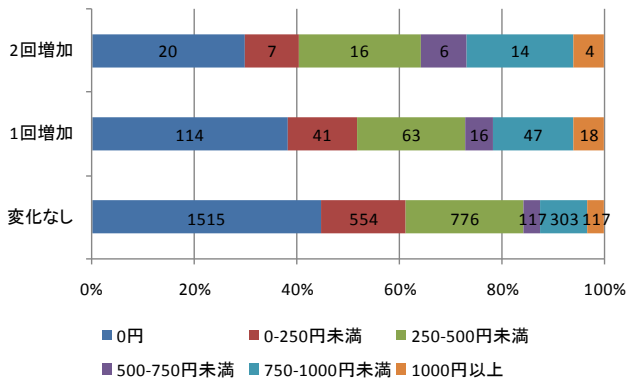


図 11 乗換回数の増加と支払意志額との関係

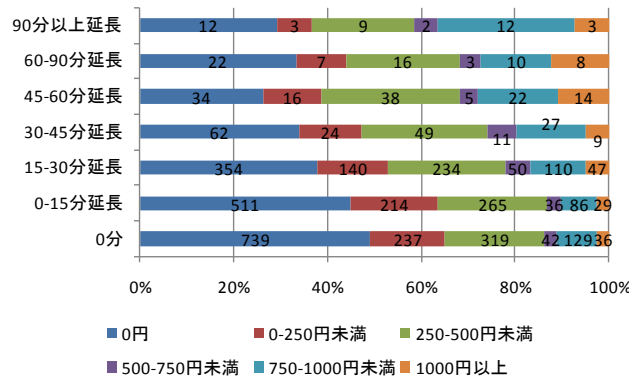


図 12 認知所要時間の延長と支払意志額との関係

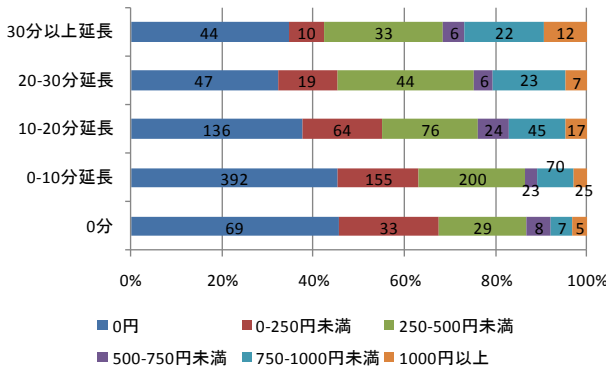


図 13 余裕時間の増加と支払意志額との関係

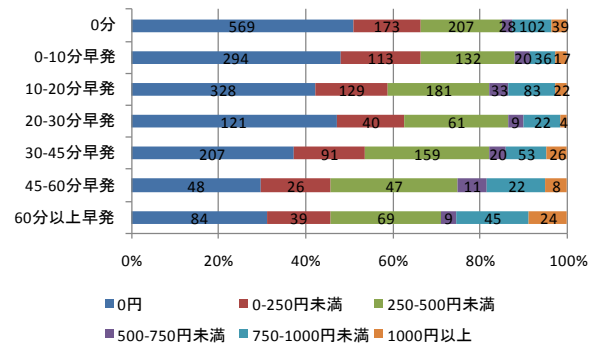


図 14 早発の出発時刻変化と支払意志額との関係

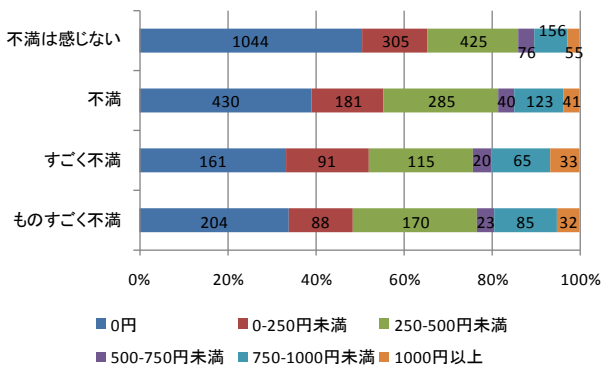


図 15 鉄道サービスへの不満度と支払意志額との関係

妨げになる項目は、40%以上の方が不満に感じている。また、自動販売機の停止 (S9)・女性専用車両の不実施 (S16)・駅構内の電灯の消灯 (S3) など直接通勤の妨げにならない項目は、不満に感じている人が10%未満と不満度は低い傾向であることがわかる。

## 5. 鉄道サービスの通常化に対する評価

鉄道利用者は、節電運行時のサービスに対して様々な不満を抱いていたことが明らかとなった。そこでサービス改善をどの程度の強さで望んでいたかを明らかにするために、調査では、節電運行時のサービスから通常運行時のサービスに戻すために支払ってもよいと考える意志額 (WTP) を質問した。本章では、このWTPに関わる点を考察する。

### (1) 支払意志額への影響要因

はじめに支払意志額の影響要因について考察した。図12～16は、それぞれ乗換回数・認知所要時間・余裕時間・鉄道サービスに対する不満度と支払意志額との関係を表した図である。図より、乗換回数・余裕時間・認知所要時間・出発時刻が増加するごとに支払意志額が高くなることが見られる。また、鉄道サービスに対する不満度では、不満度が大きくなるほど支払意志額が高くなることが見られる。このことから、支払意志額関数の共変量として採用する。

### (2) 支払意志額関数の定式化

本研究では、WTPを生存時間と考え生存時間分析を適用する。そのため、0円データを除いた2184データで分析を行う。基準ハザード関数にワイブル分布を適用し、以下の式 (1) であらわされる生存時間モデルを構築する。

$$h(t) = h_0(t) \exp(\beta x_i) = h_0(t) \exp\left(\sum_{i=1}^m \beta_i x_i\right) \quad \dots (1)$$

$h(t)$  : ハザード関数  $\beta$  : 共変量のパラメータ

$\lambda$  : 形状パラメータ  $\gamma$  : スケールパラメータ

式 (1) よりハザード関数は式 (2) で表される。

$$h(t) = \gamma \lambda t^{\gamma-1} \exp(\beta x_i) \quad \dots (2)$$

式 (2) より生存関数  $S(t)$  を導くと式 (3) になる。

$$S(t) = \exp(-\lambda t^\gamma) \exp(\beta x_i) \quad \dots (3)$$

表 2 推定結果

	Model-1		Model-2	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値
性別(男性:1, 女性:0)	0.047	0.89	0.100	4.00
年齢(歳/10)	0.104	3.85		
子供の有無(有:1, 無:0)	-0.110	-2.00	-0.135	-2.55
職業	0.006	0.25		
乗換回数の増加(回)	-0.215	-3.58	-0.214	-3.69
乗換回数の減少(回)	-0.021	-0.36		
最短所要時間の増加(分)	-0.0107	-1.20	-0.00688	-5.46
認知所要時間の増加(分)	0.00534	0.62		
認知所要時間の減少(分)	-0.00812	-1.05		
余裕時間の増加(分)	-0.0141	-1.66	-0.00790	-3.48
余裕時間の減少(分)	0.00198	0.23		
出発時刻の早発(分)	-0.000860	-1.08		
出発時刻の遅発(分)	0.000220	0.39		
鉄道サービスへの総合満足度 (不満:1, 不満ではない:0)	-0.041	-0.75		
S1(不満:1, 不満ではない:0)	-0.112	-1.96	-0.119	-2.29
S2(不満:1, 不満ではない:0)	0.283	4.80		
S3(不満:1, 不満ではない:0)	-0.122	-1.15		
S4(不満:1, 不満ではない:0)	-0.007	-0.10		
S5(不満:1, 不満ではない:0)	-0.011	-0.15		
S6(不満:1, 不満ではない:0)	0.041	0.75		
S7(不満:1, 不満ではない:0)	0.064	0.75		
S8(不満:1, 不満ではない:0)	-0.159	-2.65	-0.188	-3.42
S9(不満:1, 不満ではない:0)	0.000	0.00		
S10(不満:1, 不満ではない:0)	-0.138	-2.38	-0.169	-3.52
S11(不満:1, 不満ではない:0)	-0.047	-0.87		
S12(不満:1, 不満ではない:0)	-0.220	-3.14	-0.252	-3.82
S13(不満:1, 不満ではない:0)	0.093	1.90		
S14(不満:1, 不満ではない:0)	-0.099	-1.34		
S15(不満:1, 不満ではない:0)	0.118	2.27		
S16(不満:1, 不満ではない:0)	0.081	0.93		
S17(不満:1, 不満ではない:0)	-0.050	-0.98		
S18(不満:1, 不満ではない:0)	-0.159	-2.61	-0.193	-3.39
S19(不満:1, 不満ではない:0)	0.002	0.04		
スケールパラメータ	0.002	35.11	0.002	66.11
シェイプパラメータ	1.014	0.93	1.009	0.60
AIC	32482.44		32456.54	

(3) 支払意志額関数の推定結果

最尤法を用いて、比例ハザードモデルのパラメータ推定を行った。すべての共変量を用いて推定した Model-1 と、AIC を基準としたステップワイズ法を用いて推定した Model-2 の推定結果を表 2 に示す。パラメータの符号がマイナスの場合、共変量の増加に伴い支払意志額が高くなることを表している。

Model-2の結果より、乗換回数、最短所要時間、余裕時間については、それらの時間の増加が支払意志額を高める結果となった。また、電車内の冷房/暖房の停止 (S1)、夜間の自動販売機の停止 (S8)、運行本数の削減 (S10)、駅売店の営業停止 (S12)、緊急地震速報受信時の列車の緊急停車 (S18) については、それらへの不満度の増加が、支払意志額を高めているという結果となった。

図 17 は、推定された生存関数のグラフである。3 つの関数は、通常運行時より節電運行時の最短所要時間が 0 分・20 分・40 分増加する場合を示している。これより、最短所要時間の増加が 40 分から地震前と変わらない 0 分になるのに伴い、支払意志額関数が減少していることが見て取れる。

6. まとめ

本研究では、アンケート調査を実施し、計画停電に伴い実施された節電運行時にいおいて、鉄道利用者の行動変化を分析するためのデータを収集した。そのデータを用い、鉄道利用者が節電運行で被った不便さを経済的に評価するため、生存時間分析により支払意志額関数を推定した。その結果、乗換回数の増加・最短所要時間の増加・余裕時間の増加は支払意志額を増加させる要因であることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 家田仁, 加藤浩徳: MNL に基づく出発時刻選択モデルを用いた通勤鉄道利用者の列車待ち時間に対する意識限界に関する実証的分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.20, No.3, pp.523-530, 2008.
- 2) 岩倉成志, 原田知可子: 都市鉄道のピーク需要分散策を念頭においた時刻別需要予測モデルの研究, 運輸政策研究, Vol.8, No.3, pp.4-15, 2005 Autumn.
- 3) 今長久, 鹿島茂, 過田浩: 道路交通混雑による所要時間不確実性の損失評価法に関する研究, 交通工学, Vol.42, No.4, pp.81 - 88, 2007.
- 4) 浅見均: 代替ルート構築によるリンク途絶時の社会的損失緩和, 運輸政策研究 Vol.7, No.2, pp.30 - 36, 2004.

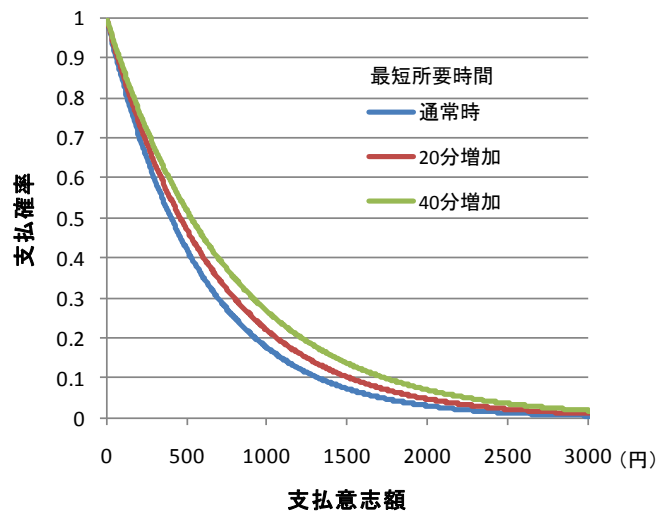


図 16 生存関数の分布