

2020 年度 卒業論文

国内新車市場でのモデルチェンジの分析

慶應義塾大学 経済学部

石橋孝次研究会 第 21 期生

七海 慎之介

はしがき

三年生のときは三田祭論文で自動車の需要の推定を行ったが、満足できる結果は得られず非常に悔しかったこともあり、本稿では需要の推定を満足いく形でやることが第一の目的である。また、需要関数の推定だけでは三田祭論文と同じであり、卒業論文としての体をなさないと考えモデルチェンジについて製品差別化の観点から論じたら面白いのではないかと考え本稿の厚生が出来上がった。

また、自動車産業は産業組織論の研究対象として数多くの参考文献があり、また主要な分析の対象であるため、その主流なものに挑戦してみたかったためというのも今回の国内新車市場を分析対象にした理由である。

目次

序章	1
第1章 現状分析	2
1.1 国内新車市場の動向	2
1.2 記述統計とデータセット	4
第2章 国内新車市場におけるサバイバル分析	7
2.1 先行研究の紹介 Iizuka(2007)	7
2.1.1 先行研究の概観	7
2.1.2 導入および変数の説明	7
2.1.3 離散時間存続モデル	8
2.2 実証分析	10
2.2.1 Kaplan-Meier 法による概観	10
2.2.2 事前考察	13
2.2.3 推計結果および考察	14
第3章 国内新車市場における需要の推定	17
3.1 先行研究の紹介 北野(2011)	17
3.1.1 先行研究の紹介	17
3.1.2 先行研究の概観	17
3.1.3 ロジットモデル	18
3.1.4 入れ子ロジットモデル	20
3.1.5 操作変数	21
3.1.6 先行研究の推計結果	21
3.2 実証分析	23
3.2.1 推定式	23
3.2.2 事前考察	24
3.2.3 推計結果および考察	25

第4章 国内新車市場におけるモデルチェンジの発生の推定	28
4.1 理論	28
4.1.1 参入モデル	28
4.1.2 実証の方法	29
4.2 実証分析	30
4.2.1 モデルチェンジと参入	30
4.2.2 分析方法と事前考察	30
4.2.3 推計結果と考察	31
第5章 結論	17
参考文献	17
あとがき	18

序章

本稿の目的は、モデルチェンジによる需要の変化を推定することである。企業は、自らの利潤のためにモデルチェンジを行っている。実際にどのように需要にインパクトがあるのかおよび、その意思決定について産業組織論の手法を用い、順を追って考察していく。

各章の概説は以下のとおりである。本稿は全5章で構成されており、第1章では国内自動車市場についてと、用いるデータセットについて説明を行う。第2章では、モデルの廃止の決定要因について、サバイバル分析を用いて分析を行う。第3章では、自動車の需要について、入れ子ロジットモデルを用い分析を行う。第4章では、Berry (1992) を参考にモデルチェンジについて議論を行う。第5章では、第1章から第4章までの考察および結論を述べる。

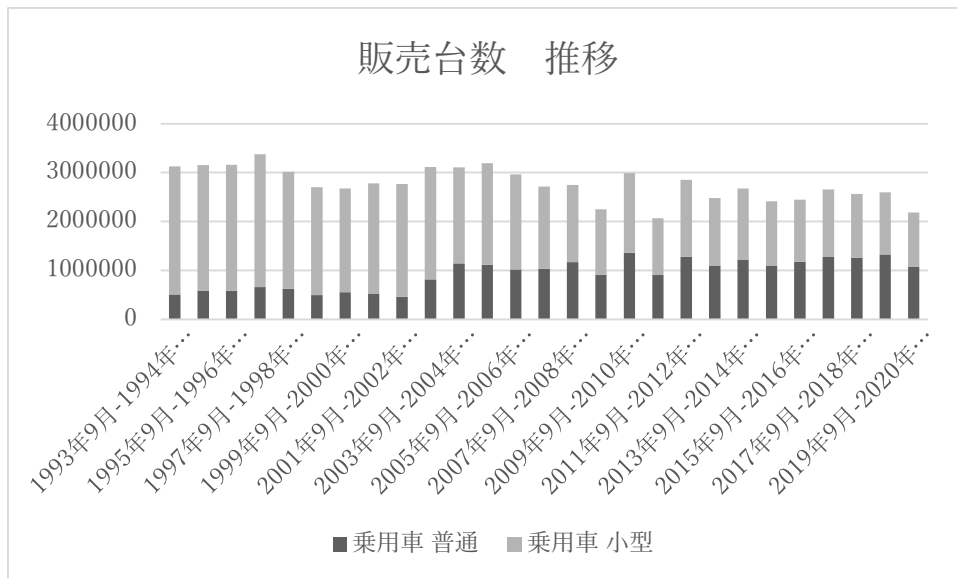
第1章 現状分析

本章では国内新車市場の動向を解説するとともに、実証分析で考慮すべき市場特性などについてと、本稿で用いるデータセットおよびその記述統計についての紹介も同時に行う。

1.1 国内新車市場の動向

1993年9月から2020年9月までの、1年ごとの国内での普通乗用車および小型乗用車の新車販売台数の推移を表1-1に記載した。2002年に法改正により、自動車の分類方法が変化したため小型乗用車と普通乗用車の比率が2002年を境に大きく変化している。また、新車販売台数は若干の縮小傾向にあり、これは今後も継続して減少すると見込まれる。また小型乗用車の占める割合は増加傾向にあることも読み取れる。

表1-1 国内新車販売台数の推移

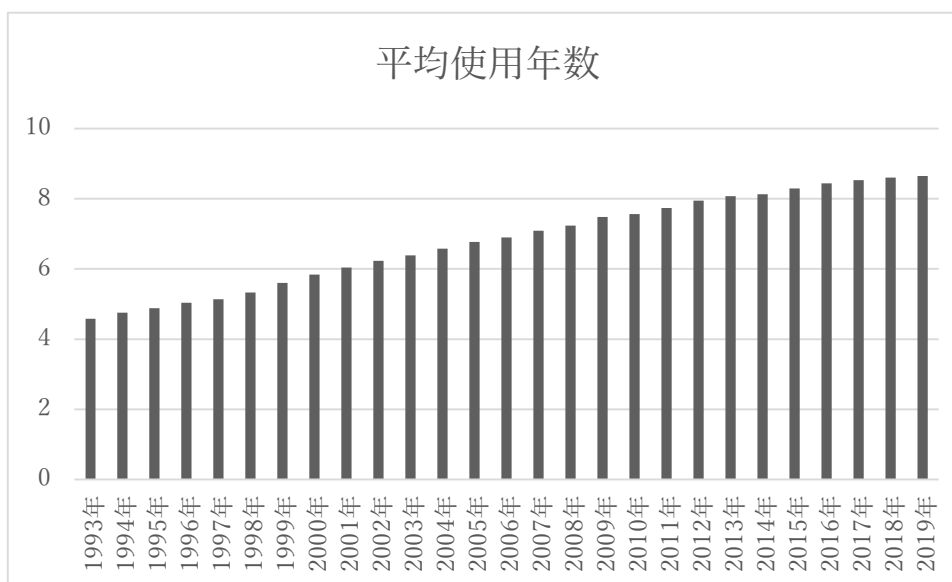


出典：一般社団法人日本自動車工業会

次に平均使用年数についてみていく。表1-2にあるように平均使用年数は年々増加傾向にあり、2019年には8.65年になっている。すなわちそれだけ自動車の買い替えが発生しないこととなり、需要の低下につながる。よって需要の喚起のために行う意図的な陳腐化と競争力の確保の観点から自動車のモデルチェンジが

行われるといえる。ここでの意図的な陳腐化とは、それまでの自動車を内外装の変化や電子系統の刷新などにより今までのモデルの魅力を減少させることで買い替えを促進させようとするものである。

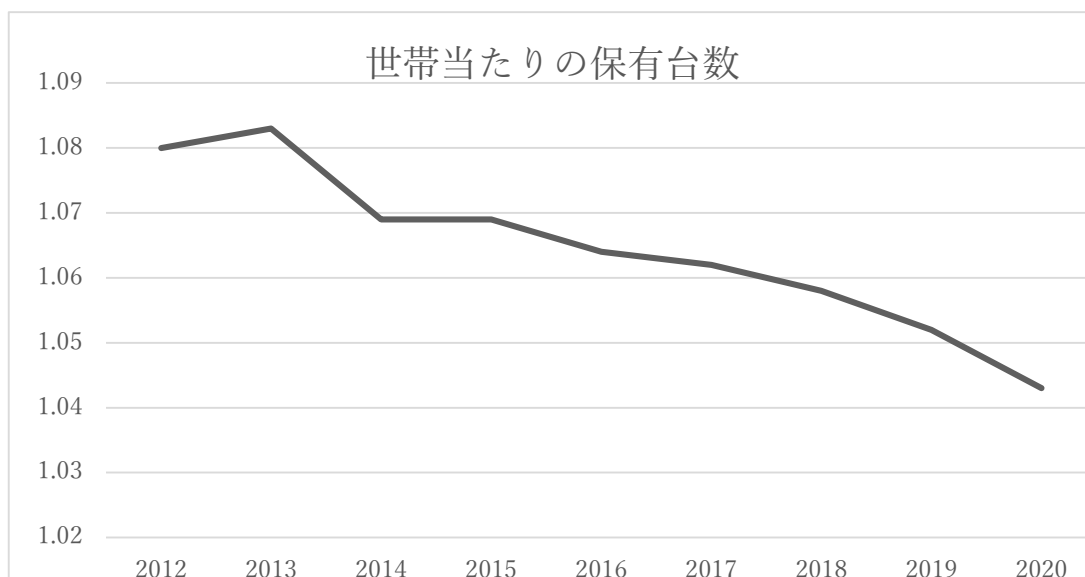
表 1-2 国内乗用車の平均使用年数



出典；一般財団法人自動車検査登録情報協会

次に国内の自動車の市場規模についてみていく。表 1-3 は世帯当たりの自動車の平均保有台数の推移をグラフ化したものである。一般社団法人自動車検査登録情報協会『自家用乗用車の世帯当たり普及台数世帯当たりの保有台数』によれば世帯当たりの平均保有台数が減少傾向にあるのは、世帯数が増加している為であるとしている。すなわち、市場規模は平均世帯保有数と世帯数の乗数で算出が可能である。しかし、第3章の需要関数の推定では購入しない消費者まで含め市場規模とする必要があるので、前述の平均世帯保有数と世帯数の乗数では不十分である。よって、本稿では年度ごとの免許保有者数を市場規模として需要関数について議論を行うこととする。

表 1-3 世帯当たりの平均保有台数



出典：一般社団法人日本自動車工業会

また、経済産業省『日本の産業部門の技術開発を巡る状況』より、研究開発費の支出額のランキングがあったが、日本国内ではトヨタが1位で100.2億ドル、2位がホンダで70.8億ドル、3位に日産で46.2億ドルであった。自動車メーカーが上位三位を占めており、自動車産業での研究開発費は非常に大きなものである。

1.2 記述統計とデータセット

本稿で用いたデータについての説明を行う。本稿では、国内新車市場での分析を行うので収集データは日本国内のものである。また、販売台数についてのデータが入手できなかったため、新車登録台数で代替した。以下では新車登録台数を販売台数として議論を進めていく。データの出典、種類は表 1-1、記述統計については表 1-2 で説明を行う。また第一節でも述べたが、市場規模に関しては免許保有者数とすることで、自動車の購入をしない消費者まで含めた市場規模とすることで第3章での需要関数の推計に利用する。

表 1-1 データとデータソース

データの種類	データソース
新車登録台数	一般社団法人日本自動車販売協会連合会「新車登録台数年報」
免許保有者数	警察庁「運転免許統計（令和元年度版）」
製品データ	グーネット HP

表 1-2 記述統計

type		sale	price	age	reage	disp	wheel	length	fuel	wp
SUV	小型	12880	164.6	4.97	4.24	1647	2510	4092	14.4	10
	普通	14151.8	290.8	8.9	3.9	2373.2	2651	4527	13.1	9.6
カブリオレ	小型	4721	215	7.03	4.7	1736	2351	3970	13.8	7.9
	普通	1727	425	13.2	4.1	2697	2496	4280	11.7	6.5
クーペ	小型	10855	184	6.8	4.1	1758	2498	4343	12.6	7.8
	普通	2657	545	8.7	5.7	2781	2610	4492	10.6	6
ステーションワゴン	小型	29897	158	7.69	3.6	1697	2530	4450	14	9.9
	普通	11586	173	14.5	4.5	1794	2700	4510	15.6	9.3
セダン	小型	31428	163	8.8	3.7	1644	2618	4497	15.5	10.1
	普通	13453	433	11.2	4.2	2920	2800	4812	12.7	7.6
ハッチバック	小型	55953	112.7	7.8	3.9	1248	2439	3821	20.3	11.3
	普通	9779	221	8	4	1717	2571	4222	20.4	11.2
ミニバン	小型	31097	170	6.4	3.8	1661	2642	4242	15.5	11.1
	普通	24481	245	8.9	4.6	2258	2837	4736	12.2	10.5
ハードトップ	小型	36653	175	6.9	3.4	1820	2618	4574	13.2	9.5
	普通	42749	250	7.6	3.99	2377	2764	4804	10.2	9.5
ワゴン	小型	14813	156	7.4	5.1	1613	2553	4364	15.3	9.8
	普通	14191	240	5.1	3.7	2024	2708	4718	13.2	8.8
ワンボックス	小型	30824	135	9	5.1	1297	2525	3820	16.3	11.5

データは 1992 年から 2018 年までの日本国内での新車登録台数および製品特性のデータとなっている。また、使用したダミー変数の紹介については各章で利用する時に説明をすることとする。すべて上記は平均値となっている。

表 1-3 変数の説明

変数	すべて平均値
Sale	販売台数
Price	価格
Age	市場に導入からの年数
Reage	モデルチェンジからの年数
Disp	排気量 (c c)
Wheel	ホイールベース (m m)
Length	車長 (m m)
Fuele	燃費 (km/l)
Wp	パワーウェイトレシオ (kg/PS)

パワーウェイトレシオは値が小さいほど自動車の加速性能に優れるものである。

本稿の主題となるモデルチェンジであるが、型式の変更があった際にモデルチェンジが行われたものとしてすべての議論および実証分析を行っていく。

第2章 国内新車市場におけるサバイバル分析

本章では、国内新車市場においてサバイバル分析を行うことでモデルの廃止の要因を明らかにするとともに、第4章で行う動学モデルによる推定の際にモデル廃止の Policy Function の推計結果との論理的整合性を確認するために行う。1節では教科書の販売データをもとにサバイバル分析を行った Iizuka (2007) を紹介する。2節では第1章で紹介したデータセットを用い新車すべてとボディタイプごとに推計し、結果についての考察を行う。

2.1 先行研究の紹介 Iizuka (2007)

ここでは先行研究の概説、理論および推計結果についての紹介を行う。

2.1.1 先行研究の概説

Iizuka (2007) では1996年から2000年までの大学書店における経済学の教科書について、意図的な陳腐化すなわちここでは改訂が行われているのかについて分析が行われている。耐久財である教科書において、中古の教科書のシェアは年々増加し、その結果として新規の教科書の販売量は減少していくので、中古を駆逐するために改定を行っているのではないかを明らかにするために行われた。

2.1.2 導入および変数の紹介

Iizuka(2007)ではプレイヤーは、教員、生徒の2人で考えられている。教員は、教科書の質、生徒への金銭的負担、そして自身への教科書の変更時のスイッチングコストを勘案し決定を行うとしている。生徒は、教科書を新品、中古のいずれかで購入するか購入しないかの選択肢がある。ここで重要なのは、一度購入すると決められた際、教科書は出版者の独占市場になり、さらに改訂によって今までの教科書の市場価値はほぼ0になるという教科書の特徴である。

次に出版者において選択肢は、改訂を行うもしくは行わないという2つが存在し、改訂する場合には、改訂に掛かる費用が発生するものの、中古の価値をほぼ0にすることと内容の更新による質の改善が見込まれる。一方あまりに頻繁な改定では、消費者の支払い意思額の減少を招くため、これらを考慮の上、改訂の意思決定を行っている。

先行文献のモデルでは春季および秋季の2期間を考慮しており、出版社の意思関数

を以下とする。

$$Rev_{it+1} = f(UsedShare_{it}, \ln(Age_{it}), CompRev_{it+1}, MarketSize_i, Cost_{it}, Category_k, Firm_j, Year_t, Spring)$$

財*i*の改訂についての指標であり、期間は新版ならば*t* = 0をとるものとしている。

表 2-1 先行文献での変数

変数	
<i>UsedShare_{it}</i>	<i>t</i> 期での中古のシェア
$\ln(Age_{it})$	教科書 <i>i</i> が導入からの年数の自然対数
<i>CompRev_{it+1}</i>	他の教科書が改訂時 1 をとるダミー
<i>MarketSize_i</i>	過去 10 年間の教科書 <i>i</i> の販売数の平均
<i>Cost_{it}</i>	改訂のコスト
<i>Category_k</i>	分野ダミー (16 分野)
<i>Firm_j</i>	出版社ダミー (7 社)
<i>Year_t</i>	西暦ダミー
<i>Spring</i>	春季ダミー

2.1.3 離散時間存続モデル

T_i は離散時間での確率変数としたとき以下で表される。

$$f_{ij} = \Pr(T_i = j)$$

ここで、 $j \in \{1, 2, 3, \dots\}$ で正の整数である期間を表し、期間は開始時の 1 から T_i までとする。また時点 T_i において、教科書が使用され続けている場合には 0、そうでない場合には 1 をとるダミー c_i が変数として作られている。

$$h_{ij} = \Pr(T_i = j | T_i \geq j)$$

上記がここでのハザード比となり、期間内での参入がないものとした場合、尤度関数は以下となる。

$$L = \prod_{i=1}^n [\Pr(T_i = j)]^{c_i} [\Pr(T_i > j)]^{1-c_i} \quad (2.1)$$

(2.1)よりハザード比を用い自然対数をとると

$$\begin{aligned}
L &= \prod_{i=1}^n \left[h_{ij} \right. \\
&\quad \left. * \prod_{k=1}^{j-1} (1 - h_{ji}) \right]^{c_i} \left[\prod_{k=1}^j (1 - h_{ji}) \right]^{c_i} \\
&= \prod_{i=1}^n \left[\left(\frac{h_{ij}}{1 - h_{ij}} \right)^{c_i} * \prod_{k=1}^j (1 - h_{ik}) \right]
\end{aligned}$$

$$\log L = \sum_{i=1}^n c_i \log \left(\frac{h_{ij}}{1 - h_{ij}} \right) + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^j \log(1 - h_{ik})$$

上記から求められるハザード比によって説明変数を与える影響についての評価を行うことが出来る。

2.1.4 推計結果

Iizuka (2007)での結果は表 2-2 に記載のものである。結果はすべてハザード率が示されており、値が 1 を上回るか下回るかで評価を行い、この時 1 との差分の百分率分だけイベントの発生する確率が増加、減少するという意味を持つ。また、*が一つの場合には 10%、二つの場合には 5%、三つの場合には 1%水準で有意であることを表している。教科書改訂への平均効果についての推計結果である。*UsedShare_{it}*が正かつ有意であることは中古の市場シェアが増加するほど出版者は改定を行うことを、*ln(Age_{it})*も同様にはハザード率が正かつ有意であることは、年数が経過するほど同様に改定がされやすくなることを示している。春季ダミーを除き有意な結果が得られたものは、すべて 1 より値が大きくなっており、カテゴリーダミーでは改訂の確率が増加することがわかり、一方春季ダミーでは 1 より小さい値をとっているため、春季には改訂の確率が減少することがわかる。

表 2-2 Iizuka (2007) の結果

Usedshare	4.2307
ln(age)	2.4946 _{***}
Competitor revision	1.1251 _{***}
Market size	1.0960 _*
Spring	0.5595
Introductory	2.0671 _{**}
Macro-principles	1.8541
Macro-intermediate	2.7888 _*
Money and banking	1.6476 _{**}
Labor	2.0798 _*
International	2.5894 _{***}
Micro-principles	1.9251 _{**}
Micro-intermediate	2.5583
Managerial	2.3973
Public finance	1.8937 _{**}
Environmental	1.3908 _{**}
Econometrics	2.9672
Macro-other	4.2644 _*
Micro-other	1.2022
All other	2.4551

出典:Iizuka (2007)

2.2 実証分析

2.2.1 Kaplan-Meier 法による概観

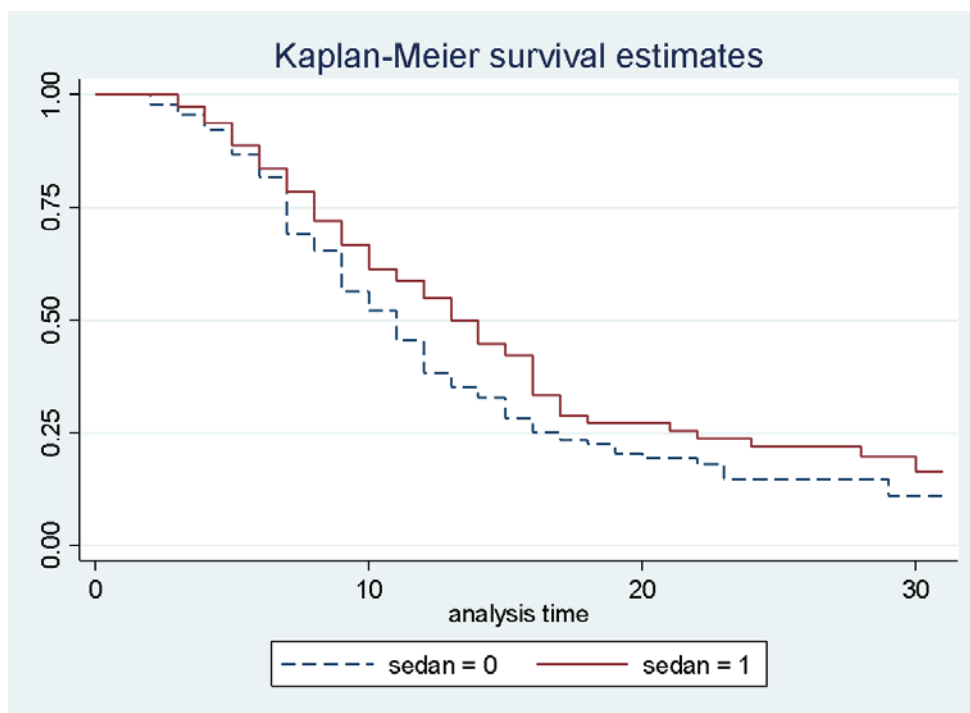
表 2-3 で紹介しているのは Kaplan-Meier 法による生存率をグラフ化したものである。Kaplan-Meier 法では時点 i におけるイベントの総数 d_i 、ここではモデルの廃止が発生した場合 1 をとりその総数が d_i として、観察対象数 n_i をとしたとき、時点 t における生存率を $S(t)$ とするとき、以下のようにして導出される。

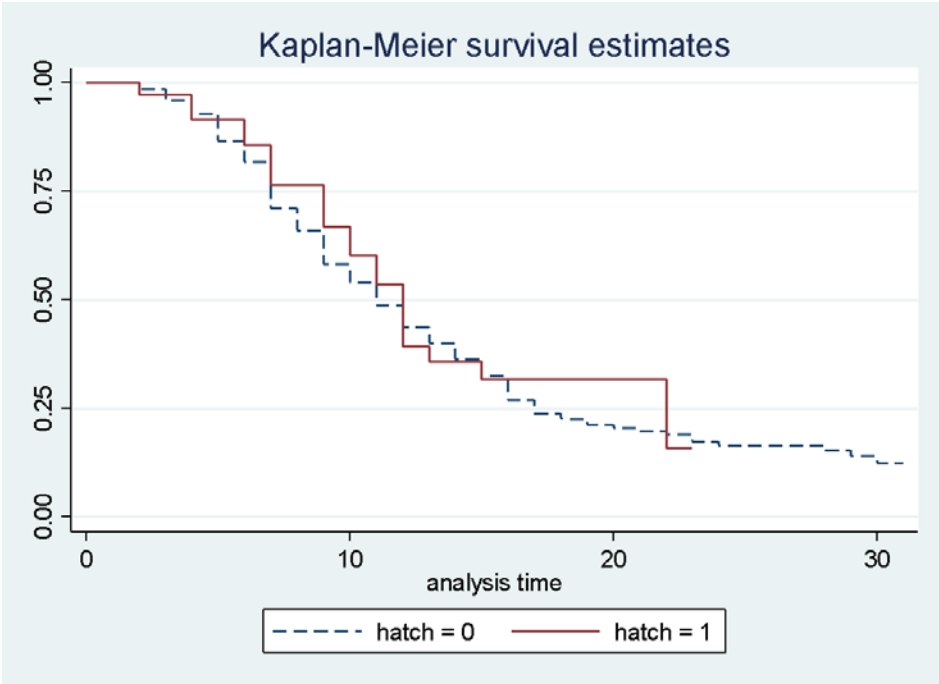
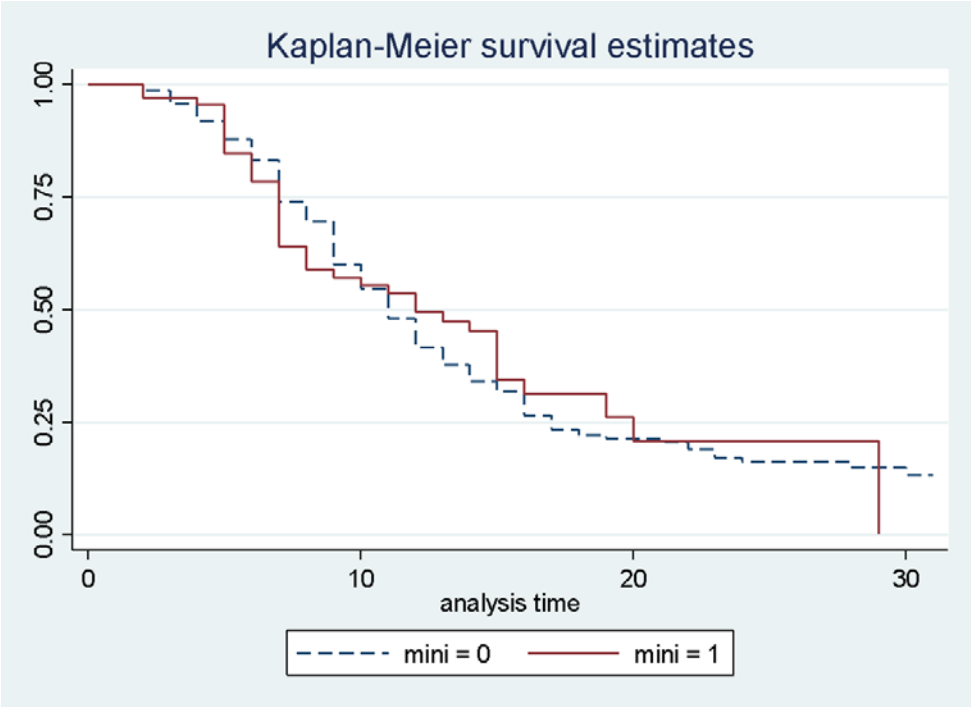
$$S(t) = \prod_{i:t_i \leq t} \frac{n_i - d_i}{n_i}$$

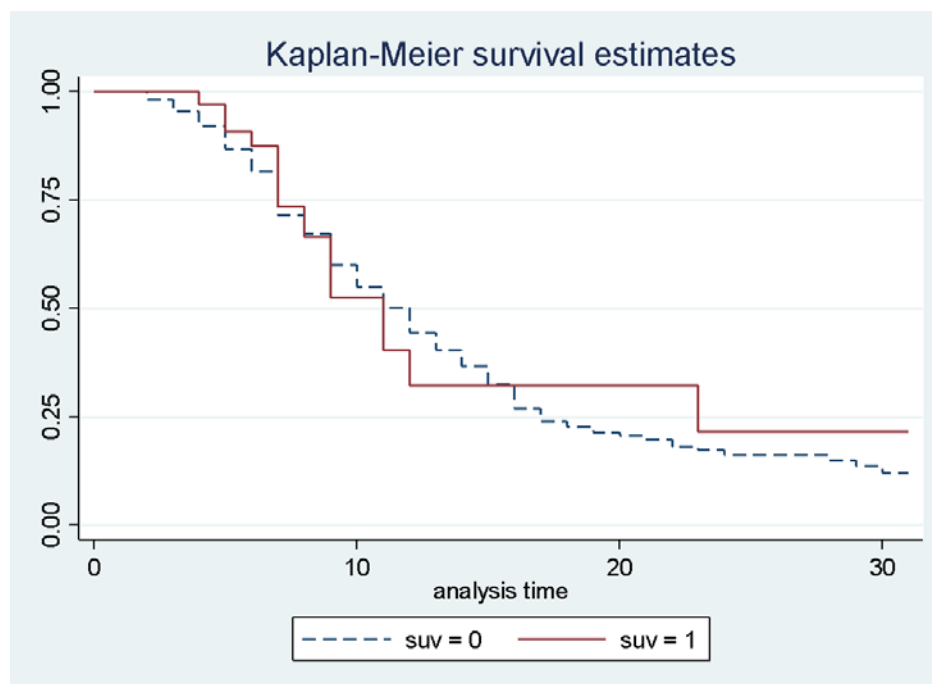
ここではボディタイプごとそれ以外のタイプとの生存率の違いについて、縦軸に生存率、横軸に期間をとったものを表にしている。一部ボディタイプに関して現在市場に存在しない場合や、サンプル数が少なくタイプごとにグラフ化できなかったため削除した。また推計を行う場合にも同様の理由により一部について推計

を行っていない。

表 2-3 ボディごとの生存率







実線が各ボディタイプの生存率を、破線がそのタイプ以外の生存率を示している。セダンは他車種より生存率が高くなっており、モデルの存続期間が長くなっていることがわかる。これはセダンに各自動車メーカーのフラグシップモデルがあるため、ブランド戦略の一環として、モデルの存続年数が大きくなっていると考えられる。一方で、ミニバン、ハッチバックおよびSUVでは他車種との間に生存率の大きな差はないことが読み取れる。

2.2.2 事前考察

本稿のサバイバル分析では推計結果が1を上回るときモデルの廃止の確率が大きくなり、1を下回る場合にモデル廃止の確率が小さくなる。よって表2-4の結果の予測では+の場合には1より大きくなり、-の場合には廃止の確率が小さくなるとした。

表 2-4 結果の予想

nomdam	—
sale	—
redeage	+
price	—
disp	+
length	+
wp	+
fuele	—
coupe	+
mini	—
suv	—
box	—
cabri	—
hard	—
station	—
isuzu	—
suzuki	—
daihatu	—
nissan	—
subaru	—
honda	—
matuda	—
mitubishi	—

第1章でも述べたようにコンパクトカーの需要が大きいため、小型乗用車の場合に1をとるダミー変数である nomdam は1を下回ると予想した。また、販売台数の多い自動車は廃止されにくいのは一般的に妥当であるため1を下回ると考えた。また再設計からの年数である redeage は年数が経過するほど廃止されるようになると考えたため、1を上回ると考えた。一方で、自動車の特性については燃費以外については1を上回ると考える。さらに価格に関しては、価格の高い自動車のモデルは基本的にそのメーカーのフラグシップモデルであることが多く、例えばトヨタであればセンチュリーや日産のスカイラインのような場合が多くモデルの廃止は起きにくいと考えるため、1を下回ると考える。最後に、メーカーダミーであるが、トヨタをマークアップとして結果を見るため、最も規模の大きいトヨタに比べ各メーカーは研究開発費や生産拠点の制約から、モデルの入れ替え

補頻度は少ないと考え 1 を下回ると考える。

2.2.3 推計結果

推計結果は表 2-4 に示したとおりである。結果はすべてハザード率であり、また、*が一つの場合には有意水準 10%、二つの場合には 5%、三つの場合には 1%で有意であることを表している。FULL のではすべてのサンプルに対しサバイバル分析を行い、FULL(2)ではボディタイプごとにダミー変数をとったものを FULL に加え推計を行った。またそれ以降のものは、ミニバン、セダン SUV、ハッチバックについてボディタイプごとの推計を行った。前述の通り、ここでの推計結果は値が 1 を上回っているか、下回っているかで評価できる。上回っている場合にはモデルの廃止の掛け率が大きくなり、下回る場合には廃止の確率が小さくなることを示している。まず、FULL での結果は、有意な結果が得られたのは小型車ダミー、販売台数、モデルチェンジからの年数、価格、スズキダミーおよびダイハツダミーであった。小型車ダミーでは結果が 1 を下回り、需要の大きくなるコンパクトカーは廃止されにくいことが分かった。また、事前考察同様販売台数および価格の項目は 1 を下回り、それぞれ大きくなるほど廃止されにくくなるという結果を得られた。またスズキおよびダイハツダミーでは 1 を下回り、モデルの廃止がそれほど起きにくいことが分かった。次に FULL(2)では FULL に加えて SUV、ハードトップダミーおよび燃費と三菱ダミーが有意な結果が得られた。FULL と同様に有意な結果が得られたものは 1 を上回るか下回るかは同じであったため、そのほかのものについて考察を行う。まず、燃費であるが、燃費が大きくなるということは自動車の性能が向上しているということであり、実際に 1 を下回っているため、高性能な自動車は廃止されにくいという結果が得られた。次に SUV ダミーであるが、Kaplan-Meier 法ではほかのボディタイプとの間で生存率に差はなかったが、1 を下回ったため廃止されにくいという結果が得られた。ハードトップダミーでは、すでにハードトップは市場に存在しないため 1 を下回る結果が得られた。三菱ダミーでは事前予測通りに 1 を下回り、トヨタに比べモデルの廃止が発生しにくいことを示している。最後にボディタイプごとの結果では、全体の傾向としてはフルサンプルでの推計結果と同様であったため、それぞれ特性が出たものについて考察を行う。ミニバンではパワーウェイトレシオが 1 を下回る結果が得られた。これは小さくなるほど性能が高いことを示す自動車の特性であるため、性能の低い自動車のほうが廃止されにくいという結果が得られた。またマツダダミーが 1

を下回りやはり、トヨタに比べモデルの廃止が起きにくいことを示している。次にセダンでは、車長の大きい自動車ほど廃止されにくいことが1を下回ったことからわかった。車長の大きいほど居住空間が大きくなるため、快適性が増加すると考えられるが、セダンについては居住性を消費者が重視していることへの対応した結果であると考え。また、マツダダミーが1を上回っており、これはマツダがセダンのモデル数を販売店の統合時に減らしたことが原因であると考え。

表 2-4 推計結果

	FULL	FULL(2)	mini	sedan	SUV	hatch
VARIABLES	_t	_t	_t	_t	_t	_t
nomdam	0.536*** (0.111)	0.530*** (0.114)	1.777 (1.237)	0.423** (0.182)	0.422 (0.548)	1.122 (1.955)
sale	0.999*** (1.37e-05)	0.999*** (1.36e-05)	0.999*** (5.38e-05)	0.999*** (3.71e-05)	0.999*** (0.000363)	0.999*** (4.06e-05)
redeage	1.308*** (0.0302)	1.278*** (0.0310)	1.653*** (0.190)	1.359*** (0.0723)	1.745** (0.386)	2.118*** (0.570)
price	0.996*** (0.000702)	0.997*** (0.000719)	0.976** (0.0113)	0.994*** (0.00197)	0.997 (0.00819)	0.948** (0.0209)
disp	1.000 (0.000209)	1.000 (0.000217)	1.000 (0.00141)	1.001 (0.000519)	0.999 (0.00113)	1.006 (0.00378)
length	1.000 (0.000285)	1.000 (0.000304)	1.000 (0.00118)	0.998** (0.00100)	1.001 (0.00307)	0.998 (0.00256)
wp	0.979 (0.0401)	1.007 (0.0555)	0.712** (0.104)	1.012 (0.144)	0.725 (0.345)	0.579 (0.331)
fuele	0.977 (0.0254)	0.946* (0.0279)	0.957 (0.0987)	0.912 (0.0699)	0.908 (0.275)	1.181 (0.242)
coupe		0.812 (0.235)				
mini		0.720 (0.167)				
suv		0.596* (0.164)				
box		0.368 (0.381)				
cabri		0.510 (0.257)				
hard		3.215*** (0.901)				
station		0.981 (0.720)				
isuzu	1.565 (0.962)	1.826 (1.131)	-	1.700 (1.464)	-	-
suzuki	0.442* (0.194)	0.459* (0.205)	0.366 (0.368)	0.781 (0.612)	0.756 (1.286)	0 (0)
daihatu	0.339*** (0.126)	0.353*** (0.134)	0.223* (0.177)	0.126* (0.142)	0.147 (0.197)	0.0253** (0.0379)
nissan	0.895 (0.188)	0.903 (0.194)	1.085 (0.690)	1.089 (0.472)	2.944 (3.290)	54.13* (114.2)
subaru	0.679 (0.354)	0.620 (0.328)	0.598 (0.595)	0 (9.17e-08)	17.54 (35.07)	0 (0)
honda	0.780 (0.190)	0.796 (0.201)	1.583 (0.978)	0.669 (0.380)	0.0769 (0.143)	0.790 (1.841)
matuda	0.943 (0.228)	0.964 (0.238)	0.172** (0.135)	2.975** (1.526)	0.832 (1.515)	0.166 (0.230)
mitubishi	0.735 (0.185)	0.621* (0.162)	1.404 (0.916)	0.519 (0.293)	8.182 (16.89)	0.216 (0.268)
Observations	3,154	3,154	679	1,036	367	362
seEform in parentheses						
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1						

第3章 国内新車市場における需要の推定

本章では、第4章での推計に必要となる需要の推計を行う。1節では、今回用いた手法である入れ子ロジットモデルによる需要の推計方法について北野(2012)に基づき説明を行っていく。

3.1 先行研究の紹介 北野(2012)

ここでは北野(2012)の概説および今回用いる理論について説明する。

3.1.1 先行研究の概説

先行研究では、現在産業組織論で多く用いられる需要の推定方法についての解説がされており、さらには2005年から2009年までの国内新車市場での需要の推定をロジットおよび入れ子ロジットモデルを用いている。

3.1.2 差別化された財の需要関数の推定

本稿で扱う自動車は、品質が全く同じ同質財ではなく、異なる品質を持った差別化された財である。国内の自動車について同じセダンであってもその価格、エンジンの排気量、大きさなど品質の異なった財であることから自動車も差別化された財であることに疑う余地はないと考える。本稿では取り扱わないが、需要の自己価格弾力性および交差価格弾力性に着目したとき、市場に J 種類の差別化された財がある場合を考える。この時対数線形型の需要関数を考えると以下のように定式化できる。

$$\begin{aligned}\ln(q_1) &= \alpha_1 + \beta_{11} \ln(p_1) + \beta_{12} \ln(p_2) + \dots + \beta_{1J} \ln(p_J) + \xi_1 \\ \ln(q_2) &= \alpha_1 + \beta_{21} \ln(p_1) + \beta_{22} \ln(p_2) + \dots + \beta_{2J} \ln(p_J) + \xi_2 \\ &\vdots \\ \ln(q_i) &= \alpha_i + \beta_{i1} \ln(p_1) + \beta_{i2} \ln(p_2) + \dots + \beta_{iJ} \ln(p_J) + \xi_i\end{aligned}$$

ここでの q_i, p_i はそれぞれ財 i の需要量と価格であり、 ξ_i は財 i の需要ショックを表している。また α, β は推定するパラメータである。よってこの時、財 i の自己価格弾力性および財 j との交差価格弾力性は以下のようにあらわされる。

$$\beta_{ii} = \frac{\partial \ln(q_i)}{\partial \ln(p_i)}, \beta_{ij} = \frac{\partial \ln(q_i)}{\partial \ln(p_j)}$$

よって財 i の需要を導出する際に、自己の価格だけではなく他の財の価格にも影響を受ける。従って、 J 種類の差別化された財のある場合には交差価格弾力性であ

る $J-1$ 個パラメータを追加し、推定を行わなければならない。よって、 J 種類の財の需要の推定には J^2 個のパラメータの推定を行う必要が発生し、サンプルサイズよりも膨大な数のパラメータがある場合、自由度の問題が発生してしまうため需要の推定が困難になる。またこれを J^2 問題という。すなわち、 J^2 問題への対処として財の代替関係に制約を課したモデルを用いる必要があり、本稿で導出したい国内新車市場での需要を推定する場合には対数線形型ではないモデルを利用する必要がある。次節以降では、本稿で使用する財の代替性に制約を課したロジットモデルおよび入れ子ロジットモデルについての説明を行う。

3.1.3 ロジットモデル

市場 t に差別化された J_t 種類の財が提供されているとしたとき消費者 i が財 j を選択する状況を考えると、この時市場 t で消費者 i が財 j を選択した場合の効用 u_{ijt} は

$$u_{ijt} \geq u_{ij't} , \forall j' = 0, 1, \dots, J \quad (3.1)$$

と表せる。ここでの選択肢0はアウトサイドオプションで今回は財を購入しないという選択肢になり、消費者はほかの財よりも財 j の効用が高い場合に購入していることを表している。次に効用を消費者 i の属性と財 j の品質で決まる確定項 v_{ijt} と消費者、財ごとにランダムに決まる確率項 ϵ_{ijt} の2つに分解でき定式化すると以下となる。

$$u_{ijt} = v_{ijt} + \epsilon_{ijt} \quad (3.2)$$

ここで確定項は財の価格や品質の関数ととらえられるので以下とできる。

$$v_{ijt} = \alpha(y_{it} - p_{jt}) + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{jkt} + \xi_{jt} \quad (3.3)$$

y_i は消費者 i の所得を表し財 j の価格 p_{jt} との差は財 j 以外への支出を表し、 $\alpha(y_{it} - p_{jt})$ によってその他の財から得られる効用を荒らしている。すなわちここでの α は所得の限界効用である。 x_{jkt} は財 j の観測できる品質、特性を表しており、自動車であれば、燃費や車体の大きさなどがこれにあたる。しかし、消費者に応じ定量的には把握の難しい品質も考慮の上で選択がなされていることへの対応として、 ξ_{jt} によってとらえている。よってすべての消費者にとって共通に財 j を選択することで得られる効用、すなわち平均効用 δ_{jt} は(4)式から以下となる。

$$\delta_{jt} = -\alpha p_{jt} + \sum_k x_{jkt} \beta_k + \xi_{jt} \quad (3.4)$$

またアウトサイドオプション選択時の平均効用を基準とするので $\delta_{0t} = 0$ とす

る。

次に確率項 ϵ_{ijt} は独立に同一の第一種極値分布に従うと仮定したとき消費者 i が財 j を選択する確率は

$$Prob(u_{ijt} \geq u_{ij't}, \forall j' = 1, \dots, J_t) = \frac{e^{\delta_{jt}}}{1 + \sum_l e^{\delta_{lk}}} \quad (3.5)$$

と導け、平均効用のみによって導出されることが出来るので、すべての消費者にとり、選択確率が共通となるので、市場での選択確率であるシェア s_{jt} に(3.5)が一致すると考えられるため以下のように定式化できる。

$$s_{jt} = \frac{e^{\delta_{jt}}}{1 + \sum_l e^{\delta_{lk}}} \quad (3.6)$$

すなわち、この時財 j の需要関数は

$$q_{jt} = M_t * s_{jt} \quad (3.7)$$

となり、ここでの M_t はマーケットサイズを表しており、市場 t に存在する消費者の総数であり、ここに含まれる消費者とは購入しないものも含まれることに注意が必要である。本稿ではマーケットサイズを運転免許保有者数としたが、理由については第1章にて言及済みである。

また推定式は以下である。

$$\ln(s_{jt}) - \ln(s_{0t}) = \delta_{jt} = -\alpha p_{jt} + \sum_k \beta_k x_{jkt} + \xi_{jt} \quad (3.8)$$

(3.8)式に関し左辺は実際に観測可能なデータから計算できる。ただし(3.8)式を最小2乗法での推定は需要ショックや観察できない品質が価格と相関を持つと考えられるため行えず、操作変数法を用いる必要がある。

この時の、自己価格弾力性および交差価格弾力性は以下のように定式化できる。

$$\frac{\partial s_{jt}}{\partial p_{rt}} \frac{p_{rt}}{s_{jt}} = \begin{cases} -\alpha p_{jt}(1 - s_{jt}) & \text{if } j = r \\ \alpha p_{rt} s_{rt} & \text{otherwise} \end{cases}$$

すなわち、ロジットモデルにおいて自己価格弾力性および交差価格弾力性の導出に必要なパラメータは α のみである。前節で述べた J^2 問題が発生する対数線形型需要関数と比較して非常に少ないパラメータで推計できることとなる。

(3.6)式よりある別々の2財である財 j, l のシェアの比は以下となる。

$$\frac{s_{jt}}{s_{lt}} = \frac{e^{\delta_{jt}}}{e^{\delta_{lt}}} \quad (3.9)$$

(3.9) 式より、財 j, l のシェア比にはその2財の平均効用に依存し定まることとなり、財 j, l 以外の財である財 r の価格や品質が変化しても、2財間のシェアは変化しない。このような性質をしかし、ロジットモデルには無関係な選択肢からの独立性 (Independence of Irrespective Alternatives, IIA) が発生する。具体的なイメージとして本稿で扱う自動車の場合、トヨタのランドクルーザーと日産のスカイラインを財 j, l とし、マツダのアテンザを財 r とした場合、アテンザの価格および品質の変化は同じセダンであるスカイラインの需要に大きな影響を与える一方、SUVであるランドクルーザーにはそれほど影響しないと考えられる。しかし、(3.9) 式にあるように、アテンザの平均効用の変化はランドクルーザーとスカイラインとの間の需要は変化させないこととなる。これでは導出した需要関数は、実際の需要構造とは異なる結果となると考えられる。従って、IIAの緩和のために入れ子ロジットモデルを以下で紹介する。

3.1.4 入れ子ロジットモデル

ここではIIAの問題の緩和のために入れ子、すなわち財をグループ分けする入れ子ロジットモデルを採用することとし、本稿では、ボディタイプごとに入れ子を作成した。では入れ子がある場合の財 j の選択確率は以下と表すことが出来る。

$$s_{jt} = s_{jt/g(j)} * s_{g(j)t} \quad (3.10)$$

ここで、 $s_{jt/g(j)}$ はグループ $g(j)$ を選択したときの財 j の条件付き選択確率であり、財 j のグループ $g(j)$ 内でのシェアを表す。 $s_{g(j)t}$ はグループ $g(j)$ が選択される確率すなわちグループ $g(j)$ に属する財すべてのシェアの合計である。またこれらはそれぞれ以下のように定式化される。

$$s_{jt/g(j)} = \frac{e^{\frac{\delta_{jt}}{\lambda}}}{\sum_{l \in g(j)} e^{\frac{\delta_{lt}}{\lambda}}} = \frac{e^{\frac{\delta_{jt}}{\lambda}}}{e^{l_{g(j)t}}} \quad (3.11)$$

$$s_{g(j)t} = \frac{e^{\lambda l_{g(j)t}}}{1 + \sum_{l \in g(j)} e^{\lambda l_{gt}}} \quad (3.12)$$

ここで l_{gt} は以下である。

$$l_{gt} = \ln \left(\sum_{l \in g} e^{\frac{\delta_{lt}}{\lambda}} \right)$$

また、ここで $\lambda = 1$ の時入れ子ロジットモデルは通常のロジットモデルに等しくな

り、効用最大化問題と整合的になるためには $0 < \lambda < 1$ となる必要がある。また、 $\lambda \rightarrow 1$ の時、グループ間の財の代替は行われず、一方グループ内での財の代替関係は完全代替に近づく。

入れ子ロジットモデルでの事故および交差価格弾力性は以下である。

$$\frac{\partial s_{jt}}{\partial p_{rt}} \frac{p_{rt}}{s_{jt}} = \begin{cases} -\alpha p_{jt} \left[\frac{1}{\lambda} - \left(\frac{1-\lambda}{\lambda} \right) s_{jt/g(j)} - s_{jt} \right] & \text{if } j = r \\ \alpha p_{jt} \left[\left(\frac{1-\lambda}{\lambda} \right) s_{jt/g(j)} + s_{rt} \right] & \text{if } j \neq r, j \in g(r) \\ \alpha p_{rt} s_{rt} & \text{otherwise} \end{cases}$$

第一式は自己価格弾力性、第二式は 2 財が同じグループに所属する場合、第三式は異なるグループに所属している場合の交差価格弾力性である。

入れ子ロジットモデルには無関係な入れ子からの独立性 (Independence of Irrespective Nests, IIN) と呼ばれる問題が存在する。これは、異なる入れ子にある財間で発生するものであり、入れ子の細分化や適切な入れ子の設定で緩和が可能である。

推定式は各財のシェアとアウトサイドオプションのシェア比から導出できアウトサイドオプションは以下となる。

$$s_{0t} = \frac{1}{1 + \sum_{g \in G} e_{gt}^{\lambda}} \quad (3.13)$$

(3.11), (3.12), (3.13) 式より

$$\begin{aligned} \ln(s_{jt}) - \ln(s_{0t}) &= \delta_{jt} + (1 - \lambda) \ln(s_{jt/g(j)}) \\ &= -\alpha p_{jt} + \sum_k \beta_k x_{jt} + (1 - \lambda) \ln(s_{jt/g(j)}) + \xi_{jt} \end{aligned} \quad (3.14)$$

上記の推定式より、 $s_{jt/g(j)}$ は被説明変数であるシェアと相関するので価格および、グループ内シェアが内生変数として操作変数法を用いる必要がある。また $(1 - \lambda) \ln(s_{jt/g(j)})$ の項の係数である $1 - \lambda$ の値が 0 から 1 であれば効用最大化問題と整合的であると評価ができる。また $\lambda = 1$ のとき通常のロジットモデルと一致する。

3.1.5 操作変数

前述の通り、入れ子ロジットモデルにおいて、価格およびグループ内シェアは内生変数であるので、操作変数法を用いて推計を行う必要があるが、ここで用いるべき操作変数 z_{jt} の性質は以下の2つである。

- 1, 価格と操作変数が相関を持つ ($Cov(p_{jt}, z_{jt}) \neq 0$)
- 2, 観察できない品質および、需要ショックと相関を持たない ($Cov(\xi_{jt}, z_{jt}) = 0$)

また、自動車は新製品の導入や、廃止といった財の入れ替わりが発生するので、データが欠損ありのパネルデータとなるため、固定効果を利用した操作変数は利用できなくなっている。よって、本稿では Berry, Levinsohn and Pakes (1995) に従い、観察されない財の品質および、財 j 固有の需要ショックを示す ξ_{jt} は観測可能な財の特性 $x_{jt} = (x_{j1t}, \dots, x_{jKt})$ と相関を持たないと仮定することで、財の特性 x_{jt} を操作変数として利用できることとなった。また、前述の2つの条件については、2番目の条件に付いては需要ショックである ξ_{jt} と財の特性との間で相関がないことを仮定しているの条件と満たしている。また1つ目の条件である、価格と相関を持つ必要があるが、生産コストに財の特性は一般に相関すると考えられる。よって本稿では、自動車の製品特性を操作変数として利用することとする。

3.1.6 先行研究の推計結果

北野 (2011) での結果は以下の表である。ここでは、最小2乗法による回帰結果を入れ子ロジットモデルについて記載することとする。

それぞれ変数は 上から、マイナスにした価格、自動車の大きさ、パワーウェイトレシオ、排気量、ホイールベース、1 km 当たりの燃料費、エコカー減税、補助金対象時 1 をとるダミー変数である。価格の係数が有意にマイナスであることから需要関数が右下がりであることを示し、グループシェアの係数から導出される λ が有意に 0 から 1 の間をとっていることから効用最大化問題に整合的であり、1 とは異なる値をとっていることからグループ間での IIA は成立していないことがわかる。また製品特性では、車体サイズおよびパワーウェイトレシオは有意に正の値をとっており、これらが大きいほど消費者の効用が高まることを示している。また、1 km 当たりの燃料費は有意に負の値をとっており、消費者は燃費の低い自動車を好まないことがわかる。最後にエコカーダミーであるが、有意に正の値をとっているため、エコカーのほうが消費者の効用を高めるという結果であった。

表 3-1 需要関数の推計結果

Price	0.0010**
Car Size	0.3770***
HP/Weight	-0.0086
Engine Displacement (CC)	0.2045***
Wheelbase	0.5982**
Fuel Cost	0.2198***
Eco-car	0.2539***
λ	0.1079***

出典: 北野 (2011)

3.2 実証分析

ここでは、今回の需要関数の推計に用いた推定式の説明と、実証分析の事前考察と実際の結果およびその考察を行う。

3.2.1 推定式

ここでは推定式を(3.14)式と同じものを利用する。

$$\begin{aligned} \ln(s_{jt}) - \ln(s_{ot}) &= \delta_{jt} + (1 - \lambda) \ln(s_{jt}/g(j)) & (3.14) \\ &= -\alpha p_{jt} + \sum_k \beta_k x_{jt} + (1 - \lambda) \ln(s_{jt}/g(j)) + \xi_{jt} \end{aligned}$$

すなわち本稿の需要関数の推定では入れ子ロジットモデルを採用した。被説明変数である実際に観測されるシェアは、年度ごとの免許保有者数をマーケットサイズとし、シェアの導出を行った。また本稿の目的である自動車のモデルチェンジによる需要への影響を図るために、製品特性としてモデルチェンジからの年数ダミーを入れることとした。前述のとおり、効用最大化問題と整合的であるためには λ の値が0から1の値である必要があるが(3.14)式からもわかるようにグループシェアの自然対数をとったものの係数が0から1の間に収まれば条件が満たされるため、回帰結果の評価はこれを基準に行うものとする。

3.2.2 事前考察

使用した変数およびそれらの係数の正負についての考察は以下である。

price	価格
lngs	グループシェア
redammy	モデルチェンジダミー
reage2~8	モデルチェンジダミーからの年数ダミー
fuele	燃費
wp	パワーウェイトレシオ
lnleng	車長
Indis	排気量

なお、ln はすべて自然対数をとったものである。

表 3-2 係数の予測

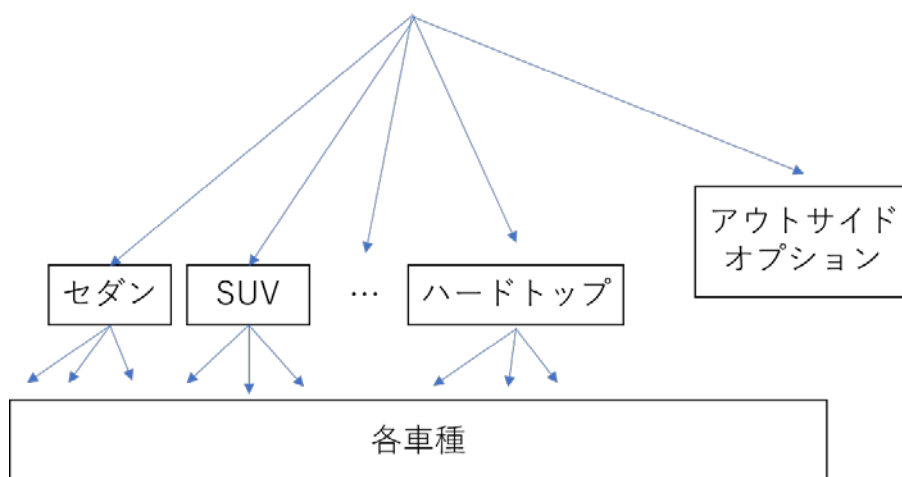
price	—
lngs	0~1
redammy	+
reage2	+
reage3	+
reage4	+
reage5	—
reage6	—
reage7	—
reage8	—
fuele	+
wp	—
lnleng	—
Indis	—

第 1 章でもふれたように、昨今の自動車需要はコンパクトカーに集中している

ため、車長および排気量の係数は負になると考えられる。また、一般に価格の候も負であり、第一節でもふれたようにグループシェアの係数が0から1の間であれば効用最大化問題と整合的になるため表のように予測している。さらにモデルチェンジ発生時には需要は増加し、一定年数経過後需要は低下するものと考えられるため、モデルチェンジダミーおよびモデルチェンジ後4年間は需要が増加し以降減少すると考え予測を行った。

また使用した入れ子であるが、表 3-2 にあるように自動車のタイプごとに入れ子を設定した。ここでのアウトサイドオプションは各年の免許保有者数のうち自動車を購入しなかった消費者である。

表 3-2 入れ子についてのイメージ図



3.2.3 推計結果および考察

表 3-3 で今回の推計結果を示している。表内での OLS は最小 2 乗法、IV は操作変数法を用いたことを示している。また、*が一つの場合には有意水準 10%、二つの場合には 5%、三つの場合には 1% で有意であることを表している。

最小 2 乗法および操作変数法での結果すべてにおいて、価格およびグループシェアは有意であり、価格は負の値、グループシェアは 0 から 1 の間をとっており事前の考察通りかつ、効用最大化問題に整合的でありグループ間での IIA が発生しておらず、またモデルチェンジダミーについても考察通りに係数は有意かつ正の値をとっており、モデルチェンジによって需要は増加するという結果が得られ

た。最小2乗法と操作変数法での結果に差が発生したのは、自動車の特性の部分およびモデルチェンジからの年数ダミーの部分である。最小2乗法では、モデルチェンジから一定年数が経過しても需要は減少しておらず、また車長の大きい自動車がより需要が大きくなるという結果が得られた。一方で、操作変数法では有意な結果が得られた再設計から3年目までは需要が増加し、6年目以降需要が減少し、車長の小さい自動車がより需要が大きくなるという結果が得られた。事前の考察に整合的なのは操作変数法での結果であった。また以上のまとめとして、自動車の特性としては、コンパクトカーで燃費が良く、またモデルチェンジから期間を置かない自動車の需要が大きくなることが分かった。

表 3-3 推計結果

	OLS	OLS	OLS	OLS	IV	IV	IV	IV
VARIABLES	obj	obj	obj	obj	obj	obj	obj	obj
price	-0.00398*** (0.000139)	-0.00290*** (0.000204)	-0.00375*** (0.000131)	-0.00256*** (0.000193)	-0.0130*** (0.000595)	-0.0169*** (0.00177)	-0.0135*** (0.000629)	-0.0160*** (0.00190)
lngs	0.250*** (0.0282)	0.151*** (0.0300)	0.217*** (0.0265)	0.129*** (0.0281)	0.742*** (0.0762)	0.277*** (0.0851)	0.811*** (0.0785)	0.343*** (0.0824)
redammy			1.589*** (0.125)	1.623*** (0.123)			0.463** (0.225)	0.545** (0.249)
reage2			1.499*** (0.106)	1.507*** (0.105)			0.559*** (0.192)	0.798*** (0.195)
reage3			1.144*** (0.106)	1.158*** (0.105)			0.138 (0.193)	0.383* (0.200)
reage4			0.949*** (0.107)	0.981*** (0.105)			-0.112 (0.195)	0.0851 (0.211)
reage5			0.687*** (0.111)	0.731*** (0.109)			-0.385* (0.202)	-0.210 (0.220)
reage6			0.413*** (0.120)	0.445*** (0.118)			-0.627*** (0.216)	-0.396* (0.223)
reage7			-0.170 (0.139)	-0.112 (0.137)			-0.935*** (0.245)	-0.889*** (0.244)
reage8			-0.333** (0.164)	-0.283* (0.161)			-0.918*** (0.285)	-0.945*** (0.274)
fuele		0.0271*** (0.00849)		0.0118 (0.00800)		0.147*** (0.0195)		0.127*** (0.0202)
wp		0.0851*** (0.0184)		0.109*** (0.0173)		-0.169*** (0.0465)		-0.152*** (0.0480)
lnleng		3.406*** (0.542)		2.293*** (0.511)		-1.955* (1.166)		-2.687** (1.120)
lndis		-0.918*** (0.190)		-0.804*** (0.178)		6.346*** (0.949)		6.008*** (0.990)
Constant	-7.692*** (0.0725)	-31.01*** (3.930)	-8.607*** (0.105)	-23.48*** (3.705)	-4.339*** (0.262)	-36.44*** (6.576)	-3.986*** (0.349)	-27.80*** (6.220)
Observations	3,155	3,155	3,155	3,155	3,155	3,155	3,155	3,155
R-squared	0.229	0.258	0.324	0.349				
Standard errors in parentheses								
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1								

第4章 国内新車市場におけるモデルチェンジの行動分析

本章では Berry (1992) に依拠しながら、国内新車市場でのモデルチェンジについて考察を行う。

4.1 理論

4.1.1 参入モデル

参入モデルを以下のように設定する。市場 i に K_i 個の潜在企業が存在し参入するかしないかの2つの戦略が存在する。この時企業の戦略 s は参入するとき1とし、しない場合を0とする $K_i \times 1$ 行の行列である。この時参入した場合には企業 k は利潤 $\pi_{ik}(s)$ を得て、参入しない場合には利潤は0である。また、他企業の戦略を固定した場合、順戦略の均衡が存在し以下の条件を満たす。

$$s_k^* \pi_{ik}(s^*) \geq 0 \text{ and } (1 - s_k^*) \pi_{ik}(s^{**k}) \leq 0, \text{ for all } k = 1, \dots, K_i \quad (4.1)$$

ここでの (s^{**k}) は第 k 成分以外が s_k^* に等しく $(s^{**k})_k = 1$ となるベクトルである。

ここでは、企業の利潤が他社の参入によって減少することと、企業の収益性で順位付けされているとした場合に、収益性の順位に対して降順に次の企業が参入できなくなる状態まで参入を行う戦略がナッシュ均衡となる。しかし、この均衡では参入していないが、最も収益性の低い企業にとって代わり参入できる企業が存在した場合には、均衡が別のものになるので複数均衡が存在することとなる。

複数均衡の問題の解決のために利潤関数の固定部分のみが企業ごとに変動すると仮定する。これによって、可変利潤 v が参入企業数のみで決定できるので市場 i の企業 k の利潤は以下のように定式化される。

$$\pi_{ik}(s) = v_i(N(s)) + \phi_{ik} \quad (4.2)$$

可変費用 $v_i(N(s))$ は戦略ベクトルである s によって決定される参入企業数 $N(s)$ の関数である。

企業の固定部分を以下と順序付ける。

$$\phi_{i1} > \phi_{i2} > \dots > \phi_{iK_i} \quad (4.3)$$

この時、市場 i の均衡企業数 N_i^* は以下のようなになる。

$$N_i^* = \max_{0 \leq n \leq K_i} \{n: v_i(n) + \phi_{in} \geq 0\} \quad (4.4)$$

この時の戦略ベクトルは $k \leq N_i^*$ のとき $s_k^* = 1$ 、 $k > N_i^*$ のとき $s_k^* = 0$ となる。また(4.3)、(4.4)式より、各企業の収益性は完全に順序だてられ、可変利潤が減少関数

であることが示された。よって以上の仮定の下では (4.4) 式での均衡が唯一の均衡となる。

4.1.2 実証の方法

第一節のモデルに従い実証分析を行う。推定のために可変利潤を以下のように定式化する。

$$v_{i(N)} = X_i\beta + h(\delta, N) + \rho u_{io} \quad (4.5)$$

X_i は特性についてのベクトル、 N 均衡企業数、 h は N の減少関数、 u_{io} は企業に観察でき、分析者には観察できない市場特性である。またここで推定するパラメータは β, δ, ρ である。さらに h について $h(\delta, N) = -\delta \ln(N)$ とする。

次に固定部分は以下と定式化する。

$$\phi_{ik} = Z_{ik}\alpha + \sigma u_{ik} \quad (4.6)$$

ここでの Z_{ik} は企業の特性である。また u_{ik} は、企業に観測でき分析者に観測できない企業の特性である。

以上 (4.5), (4.6) 式より市場 i における企業 k の利潤が以下となる。

$$\pi_{ik}(N) = X_i\beta - \delta \ln(N) + \rho u_{io} + Z_{ik}\alpha + \sigma u_{ik} \quad (4.7)$$

ここで u_{io}, u_{ik} が独立同一分布である正規分布に従うと仮定する。この時の分析者に観測できない部分を $\varepsilon_{ik} \equiv \rho u_{io} + \sigma u_{ik}$ とした場合、企業間の ε_{ik} の相関は ρ^2 となり、 $\sigma = \sqrt{1 - \rho^2}$ とすることで分散が1になる。

次に N 企業が参入する確率を求めていく。均衡企業数が N より少なくなる条件は以下である。

$$N^* \leq N \Leftrightarrow (\#\{\varepsilon_k: \varepsilon_k \geq -r_k(N+1)\} \leq N) \quad (4.8)$$

従って(4.8) 式を満たすような集合を見つけばよく、それは以下で与えられる。

$$\varepsilon: \#\{\varepsilon_k: \varepsilon_k \geq -r_k(N+1)\} = j, \quad j = 0, \dots, N \quad (4.9)$$

よって $N^* \leq N$ となる確率は $N+1$ 個の集合の和である。すなわち $N+1$ 企業の均衡で J 企業が利潤を得られる確率を $H_{J(N+1)}$ とした場合に

$$S(J) = \left\{ s: \sum_k s_k = J \right\}$$

$$A_k(s, N) = \begin{cases} (-r_k(N), \infty) & \text{if } s_k = 1 \\ (-\infty, -r_k(N)) & \text{otherwise} \end{cases}$$

と置けば $H_{J(N+1)}$ は以下で与えられる。

$$H_{JN} = \sum_{s \in S(J)} \int_{A_1(s,N)} \dots \int_{A_k(s,N)} p(\varepsilon) d\varepsilon \quad (4.10)$$

従って $N^* \leq N$ となる確率は以下となる。

$$Prob(N^* \leq N) = \sum_{J=0}^N H_{J(N+1)} \quad (4.11)$$

つまり N 社参入する確率は (4.11) 式から

$$Prob(N^* = N) = Prob(N^* \leq N) - Prob(N^* \leq (N - 1))$$

以上によって推計が可能になった。ここでの問題点は 2 つあり (4.10) 式の重積分が困難な場合があることと、潜在的参入企業が増加するほど計算する参入企業の組み合わせが膨大になることである。

4.2 実証分析

本節では、モデルチェンジについて参入と同様の理論を用い、各モデルの投入についての分析を行う。

4.2.1 モデルチェンジと参入

本稿では、モデルチェンジを参入に見立て実証分析を行った。これまでの理論では潜在的参入企業として N 企業存在するとしてきたが、モデルチェンジでは実際にその期間 t で存在するモデルのみであるため計算しなければならない組み合わせの数は限定される。

4.2.2 分析方法と事前考察

モデルチェンジを行った場合 1 をとり、行っていない場合に 0 をとるダミー変数を被説明変数として用いプロビット推定を行った。また説明変数は以下のとおりである。

表 4-1 変数の説明

age	車齢
price	価格
stock	モデルの現在までの販売台数
rivalre	競合車種のモデルチェンジ数
agecomp	競合車種の平均車齢
stockage	車齢と販売台数の交差項

ここでの競合車種は、ボディタイプの同じ自動車のことであり、メーカーが同一であるか否かに関しては考慮していない。

また各説明変数の正負についての事前考察は表 4-2 のとおりである。

表 4-2 事前考察

age	+
price	+
stock	+
rivalre	+
agecomp	+
stockage	+

車齢が大きくなるほど競合車種との競争力が失われることは需要関数の推定の結果から得られたため、企業にとって車齢が古くなるほどモデルチェンジを行うインセンティブが発生すると考えるからである。次に価格では、高級車ほどモデルチェンジが頻繁に発生すると考える為正であると予想する。また販売台数が増加するほど陳腐化により再度需要を喚起できるため正だと考える。競合車種のモデルチェンジ数は競争力の確保のために、競合車種の平均車齢は自らが先にモデルチェンジを行えば他車種よりシェアを獲得できる為正であると予想した。最後に販売台数と車齢の交差項では販売年数が長く販売台数も多い自動車のモデルチェンジには前述の陳腐化の効果が大きいと考え、企業も実行していると考えため正の値になると考える。

4.2.3 推計結果および考察

推計結果は表 4-3 にあるとおりである。有意な結果が得られたのは、車齢、価格、販売台数、競合車種のモデルチェンジ数であった。車齢および京小郷車種のモデルチェンジ数では事前の考察通りに正の値をとっていた。従って双方値が大きくなるほどモデルチェンジが発生しやすくなっているという結果が得られた。また事前の考察と異なり、価格および販売台数は負の値をとった。すなわち価格

が上昇するほどモデルチェンジは起きにくいことを示している。また販売台数も多くなるほどモデルチェンジが起きにくいとなった。価格では、高い自動車ほど研究開発費を企業は投じたために頻繁にモデルチェンジを行えないためであると考ええる。また販売台数では、現在よく売れている自動車をモデルチェンジした場合に消費者の選好と合致せず販売台数が減ることへのリスク回避のためであると考ええる。

表 4-3 推計結果

	probit
VARIABLES	redammy
age	0.0468*** (0.00717)
price	-0.000987*** (0.000208)
stock	-5.33e-06*** (1.15e-06)
rivalre	6.298*** (0.453)
agecomp	0.0395 (0.0364)
stockage	4.96e-08 (7.75e-08)
Constant	-2.107*** (0.193)
Observations	3,163
Standard errors in parentheses	
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	

第5章 結論

本稿では、自動車のモデルチェンジ、モデルの廃止、需要関数の推計をそれぞれ行った。

第2章でのサバイバル分析によって国内新車市場におけるモデルの廃止の確率が、モデルチェンジからの年数経過によって大きくなり、価格が高くなることや、販売台数の増加、小型車である場合には小さくなることが分かった。また、これによって一部ではあったがメーカーダミーからトヨタと比較してモデルの廃止が起きにくいという結果が得られ、これは第1章でも言及したが研究開発費の差異によるものであると考察した。

第3章では、需要関数の推計によって価格の係数は有意に負であり、モデルチェンジから3年は有意に需要が増加した6年以上経過した場合有意に需要が減少することが分かった。またIIAの緩和および効用最大化問題に整合的な結果が得られた。また、その係数もおおむね予想通りであった。また需要の推計の結果から6年目以降で需要が減少することと、自動車の平均使用年数がおよそ7年程度であることから推計結果と現実が一致したものであると評価できる。

第4章では、参入の理論を用いモデルチェンジの決定要因について分析を行った。ここでは車齢の増加および競合車種のモデルチェンジが増加するほどモデルチェンジを行いやすくなり、販売台数および価格が上昇するほどモデルチェンジが行われにくいことが分かった。

全体を通しておおむね予想通りの結果が得られ、また第1章での現実の動向ともおおむね妥当だといえる結論が得られた。

参考文献

- Berry, S., Levinsohn, J., Pakes, A., (1995). Automobile prices in market equilibrium. *Econometrica* 63, 841-890.
- Berry, S., (1992). Estimation of a Model of Entry in the Airline Industry. : *Econometrica* , 60, 889-917
- Iizuka, T.,2007. An empirical analysis of planned obsolescence. *Journal of Economics&Management Strategy* 16,191-226.
- 北野泰樹,2012.需要関数の推定 - C P R Cハンドブックシリーズ No. 3- .
CPRC Discussion Paper Series
- 一般社団法人日本自動車販売協会連合会(1995-2019),「新車登録台数年報」
総務省ホームページ <https://www.soumu.go.jp/>
- 一般財団法人自動車検査登録情報協会 <https://www.airia.or.jp/index.html>
- 一般社団法人日本自動車工業会 <http://www.jama.or.jp/index.html>
- グーネット <https://www.goo-net.com/>
- 警察庁ホームページ <https://www.npa.go.jp/index.html>

あとがき

まずは、2年間に亘り御指導していただき、また卒業論文の執筆に際しても多くの御助言を頂いた石橋教授に深く感謝申し上げます。また、自分が卒業論文を書くに至るまで育ててくれた両親並びに祖父母、叔父、叔母にも謝意を表したい。

さて、卒業論文に関してだが、何とか書きあがったという事実にはひたすら安堵している。動学モデルを用いて第4章の推計を行う予定であったが直前で不可能だと判断し行えなかったことは痛恨の極みである。また、結論では得られた結果を有機的に結び付けられなかったことや、内容についてもっと推敲できたのではないかと思うことはあるのだが、卒業論文を書きあげたことは自分にとって大きな財産になると思う。はじめは20人近くいた同期も気が付けば自分を含め2人になっていたことはやや寂しく思う。また感染症の流行拡大で前期大学に来られなかったことや夏合宿がなくなってしまったことは完成度に大きく影響したと思うがそれを含めて今の実力が出了卒業論文になったと思う。最後の同期の西君には様々相談に乗ってもらえたことで何とか書ききれたと思うので彼にも感謝したい。また拙いプロポーザルにも関わらずコメントをしていただいた後輩にも感謝している。

2年間御指導いただいた石橋教授に重ねてお礼申し上げ結びとしたい。