

Title	工程の柔軟化による製品の高度標準化：トヨタにおける車体組立工程柔軟化とプラットフォーム共通化との関係
Author	宇山, 通
Citation	経営研究. 69(3-4); 53-77
Issue Date	2019-02-28
ISSN	0451-5986
Textversion	Publisher
Publisher	大阪市立大学経営学会
Description	

Osaka City University

工程の柔軟化による製品の高度標準化

— トヨタにおける車体組立工程柔軟化とプラットフォーム共通化との関係 —

宇 山 通

目 次

- 1 はじめに
- 2 車体組立工程柔軟化の進展
 - 2.1 フェーズ1：溶接ミス防止（1970年代中頃～1980年代初頭）
 - 2.2 フェーズ2：溶接機稼働率維持，位置決め・段取替え容易化（1980年代中頃～1990年代前半）
 - 2.3 フェーズ3：治具使用率向上，治具設計・製造容易化（1990年代後半～2000年前後）
 - 2.4 小括
- 3 プラットフォーム共通化の進展
 - 3.1 フェーズⅠ：一部バリエーション付与（1970年代中頃～1990年代前半）
 - 3.2 フェーズⅡ：全面的なバリエーション付与（1990年代後半～2000年）
- 4 車体組立工程柔軟化とプラットフォーム共通化との関係
- 5 おわりに

1 はじめに

トヨタ自動車工業(株)、同販売(株)（以下、両社合併後も含めトヨタと略記）は、1970年に初代カーリーナ、初代セリカを発売した。両モデルは車体¹⁾に異なる外観²⁾を与えられながら、同一のアンダーボディ³⁾で形成されたトヨタ最初のモデルである⁴⁾。

アンダーボディが寸法差なく厳格に共通化された主な要因は、車体組立工程（厳密には車体サブ組立工程）⁵⁾の当時の水準にある。同工程ではマルチスポットウェルダ⁶⁾という専用機で車体部品を組み立てるため、アンダーボディは当然1種類となった⁷⁾。

しかしトヨタはその後車体組立工程の専用度を下げていった。換言すれば車体組立に関わるパフォーマンス（溶接精度等）のモデル多様化に対する柔軟性、及び工程変更に関わるパフォーマンス（治具製造コスト等）の投入モデル変更に対する柔軟性を同社は高めてきた⁸⁾。この車体組立工程柔軟化により、アンダーボディを中心としたプラットフォーム（以下、見出しを除きPFと略記）⁹⁾共通化へいかなる影響がみられたのか。同工程柔軟化とPF共通化とは、従来別の論点として研究されており¹⁰⁾、両者の関係には考察の余地がある。

この考察によりトヨタが選択した部品共通化アプローチの競争合理性を、同社の工程特性との関係の中で評価できる。これにより、自動車企業が自社に適切な部品共通化アプローチを検

討するにあたって工程特性を踏まえることの重要性の一端を示せるだろう。

以上の問題関心から本稿はトヨタのPF共通化に車体組立工程柔軟化が果たした役割を考察する。時期として1970年代後半から2000年前後を扱う。上記柔軟化が1970年代後半に始まり、2000年前後におおよそ完了¹¹⁾したと2018年現在では考えられるためである。

以下、第2節で車体組立工程柔軟化、第3節でPF共通化を通時的に分析する。これらの分析結果をもとに、第4節で両者の関係を考察する。最後に第5節で結論とその含意、そして今後の課題を述べる。

2 車体組立工程柔軟化の進展

1970年代後半以降の車体組立工程の変遷は、その構造の違いで3フェーズに分けられる。各フェーズで市場を先に、後に車体組立工程を分析する¹²⁾。

市場の分析においては全てのフェーズで1モデル当たり生産台数の多寡、推移に着目する。その上でフェーズ3に関しては、フルモデルチェンジ（以下、FCと略記）後の登録台数の減少ペースをフェーズ2のそれとの比較により分析する。

車体組立工程の分析においてはメインボディ組立工程、サブ組立工程、小サブ組立工程により特性が異なるため¹³⁾、これらを区別する。なお日本では車体接合のほとんどにスポット溶接が用いられている¹⁴⁾。よってこれ以降車体接合手段はスポット溶接に限定し、特に断りのない限り溶接はスポット溶接を、ロボットはスポット溶接用ロボットを指す。

2.1 フェーズ1：溶接ミス防止（1970年代中頃～1980年代初頭）

2.1.1 市場

トヨタの国内生産台数とモデル数¹⁵⁾の推移に着目する（表1参照）。1モデル当たり国内生産台数の年平均増加率は、1966年から1972年にかけて15.9%¹⁶⁾、1976年から1982年にかけて-1.6%である¹⁷⁾。

よって1970年代中頃から1980年代初頭の市場は、それ以前に比べ1モデル当たりの需要が伸びにくくなっていたといえる。

2.1.2 工程

トヨタは1970年代末から車体組立工程へロボットを急速に導入した（図1参照）¹⁸⁾。作業員、専用機であるマルチスポットウェルダ、ロボットの溶接点数割合について、1977年と1981年とで比較すれば（図2参照）、主に作業員分が減少し、ロボット分が増加している¹⁹⁾。メインボディ組立工程では専用機ではなく作業員が溶接にあっていたから²⁰⁾、1970年代末から1980年代初頭にかけて同工程を中心にロボットが導入されたことになる。

トヨタを含め日本自動車企業が導入したロボットは、教示-再生方式であり²¹⁾、事前の教

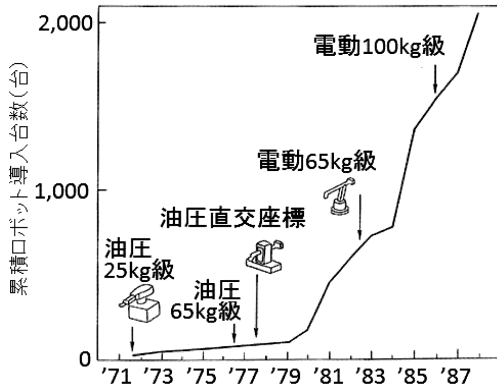
表1 トヨタにおけるモデル数と生産台数の推移（1960～2000年）

（単位：台）

	モデル数 (A)	国内生産台数 (B)	世界生産台数 (C)	1モデル当たり 国内生産台数 (B)/(A)	1モデル当たり 世界生産台数 (C)/(A)
1960年	16	154,770	—	9,673	—
1961年	18	210,937	—	11,719	—
1962年	21	230,350	—	10,969	—
1963年	25	318,495	—	12,740	—
1964年	26	425,764	—	16,376	—
1965年	29	477,643	—	16,470	—
1966年	30	587,539	—	19,585	—
1967年	38	832,130	—	21,898	—
1968年	47	1,097,405	—	23,349	—
1969年	42	1,471,211	—	35,029	—
1970年	43	1,609,190	—	37,423	—
1971年	45	1,955,033	—	43,445	—
1972年	44	2,087,133	—	47,435	—
1973年	48	2,308,098	—	48,085	—
1974年	49	2,114,980	—	43,163	—
1975年	49	2,336,053	—	47,675	—
1976年	48	2,487,851	—	51,830	—
1977年	52	2,720,758	—	52,322	—
1978年	60	2,929,157	—	48,819	—
1979年	57	2,996,225	3,074,832	52,565	53,944
1980年	60	3,293,344	3,377,582	54,889	56,293
1981年	61	3,220,418	3,327,300	52,794	54,546
1982年	67	3,144,557	3,283,372	46,934	49,006
1983年	69	3,272,335	3,406,431	47,425	49,369
1984年	71	3,429,249	3,583,320	48,299	50,469
1985年	73	3,665,622	3,801,929	50,214	52,081
1986年	74	3,660,167	3,812,691	49,462	51,523
1987年	74	3,638,279	3,830,539	49,166	51,764
1988年	73	3,968,697	4,213,068	54,366	57,713
1989年	77	3,975,902	4,447,483	51,635	57,760
1990年	78	4,212,373	4,890,028	54,005	62,693
1991年	83	4,085,081	4,754,998	49,218	57,289
1992年	95	3,931,341	4,695,807	41,383	49,430
1993年	91	3,561,750	4,450,464	39,140	48,906
1994年	95	3,508,456	4,559,748	36,931	47,997
1995年	100	3,171,277	4,424,701	31,713	44,247
1996年	107	3,410,060	4,756,093	31,870	44,449
1997年	109	3,502,046	4,892,117	32,129	44,882
1998年	114	3,165,805	4,633,370	27,770	40,644
1999年	120	3,118,226	4,729,421	25,985	39,412
2000年	118	3,429,209	5,180,651	29,061	43,904

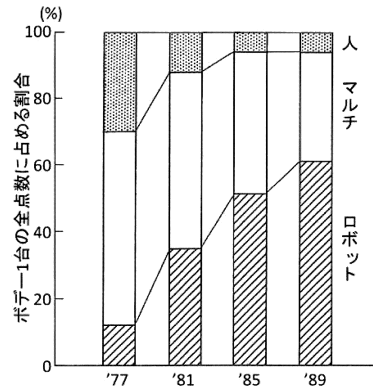
注) 当該年に販売されていた車名ごとにボディタイプ数をカウントし、モデル数とした。
 出所資料では1978年までの海外生産台数を国内分に含めているため、本表では省略した。
 出所) トヨタ自動車(株) (2013)、83、168-193頁より作成。

図1 トヨタにおけるスポット溶接ロボット導入台数の推移 (1971~1988年)



出所) 柴田 (1989)、85頁、図6より転載 (コントラストと文字のサイズを変更)。

図2 トヨタにおける作業員、マルチスポットウェルダ、ロボットのスポット溶接点数割合の推移 (1977~1989年)



注) マルチはマルチスポットウェルダを指す。
出所) 柴田 (1989)、83頁、図3より転載 (コントラストと文字のサイズを変更)。

示内容を超えて動くことはない。それゆえ車体組立に関わるパフォーマンスの不測の事態 (溶接ガンの予期せぬ異常等) に対する柔軟性は、ロボットの方が作業員より低い。

ロボットが柔軟性で作業員を上回るのは次の点である。作業員が自動化機器に頼らず、自らライン上の車種を判別し、それに合った部品を選択・投入し、車種ごとに適切な箇所を溶接する場合、モデルが多様化するほどそれら判別、選択・投入、溶接が複雑化し、ミスが発生しやすくなる²²⁾。2.1.1の通り多モデル化が進展したため、メインボディ組立工程では上記ミス防止が重要性を増していた。

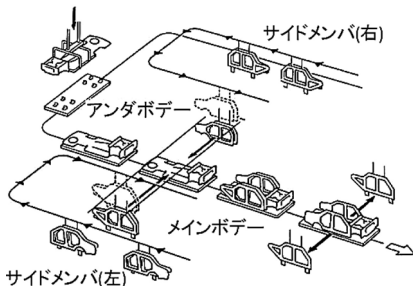
この多様化に伴うミス発生は自動化で防止できる。ゆえにフェーズ1では急激に進展したロボット化により、溶接の正確さ (品質) の多モデル化に対する柔軟性が高まった²³⁾。

ただしメインボディ組立工程の位置決めに関しては、従来よりも柔軟性が低下した。フェーズ1以前、同工程ではゲートライン方式が採用されていた (図3参照)。同方式ではアンダーボディ用治具は各車種共通、サイドメンバ用治具がモデルごとに用意されていた。両治具をラインに流し、顧客の注文に合わせて結合し、製品多様性を確保していた²⁴⁾。

一方フェーズ1では治具は流さず、据え置きされた (図4参照)²⁵⁾。1980年代に入り採用された据置治具は、ゲートライン方式のように治具の組合せで発生するばらつきを回避できるし²⁶⁾、溶接時に車体が静止しているため自動化も容易である²⁷⁾。

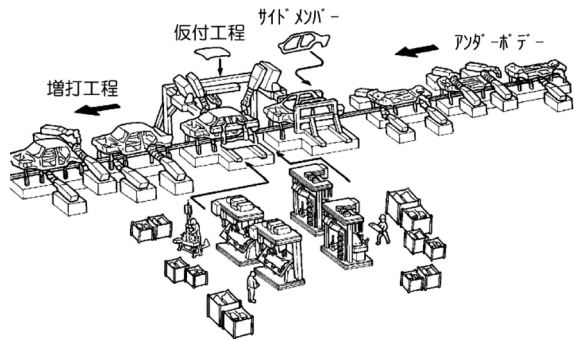
しかしこれらのメリットと引き換えに、治具が据え置きのため対応モデル数は2~3が限度であったし²⁸⁾、FC時にはラインストップを余儀なくされた²⁹⁾。もし治具をラインに流すならば、必要モデル数分治具を用意すればそれだけのモデルに対応できるし、FCによるラインス

図3 ゲートライン方式外観



出所) (株) エス・ティー・シー (2002)、163
 頁より転載 (コントラストと文字の
 サイズ変更)。

図4 フェーズ1メインボディ組立方式外観



出所) 近藤 (2010)、45 頁、図 11 より転載。

トップは、少なくとも治具のみに関しては外段取り³⁰⁾で解決できたはずである。したがって治具による位置決めモデル多様化に対する柔軟性及び治具段取替えのFCに対する柔軟性は、フェーズ1に入り低下したといえる。

以上の通り、フェーズ1では溶接主体を作業者からロボットへと変更することで、溶接の正確さ（品質）の多モデル化に対する柔軟性が向上した。これにより1モデル当たりの需要が伸び悩む市場へ対応したと考えられる。

しかし1モデル当たりの需要減少が続けば、第1に小サブ組立工程、サブ組立工程で使用された専用機の稼働率低下が問題となる。換言すれば溶接機稼働率の多モデル化及びFCに対する柔軟性が不足してしまう。第2に据置治具では対応しきれない事態が発生する。換言すれば治具による位置決めモデル多様化に対する柔軟性が不足し、治具段取替えのFCに対する柔軟性が不足してしまう。フェーズ1よりも多モデル化が進展した場合、これら2つの柔軟性不足が課題として浮き上がることとなる。

2.2 フェーズ2：溶接機稼働率維持、位置決め・段取替え容易化（1980年代中頃～1990年代前半）

2.2.1 市場

フェーズ2の車体組立ラインは1985年に設置されており、この設置の判断には1980年代前半の市場動向が関与したと考えられる。そこでまず1980年代前半の市場を分析する。

2.1.1同様、1モデル当たり生産台数に着目する（表1参照）。1981年から1985年にかけて生産台数年平均増加率が国内3.3%、世界3.4%であり、1モデル当たりでは国内-1.2%、世界-1.0%であった。生産全体の伸び以上にモデル数が増加したため（年平均4.6%）、1モデル当たり生産台数の減少となった。したがって1980年代前半において市場は、フェーズ1以上に

1モデル当たりの需要が減少していったといえる。

フェーズ2の車体組立ライン設置後の市場動向は、同ラインの継続使用の判断に関与したと考えられる。そこで次にフェーズ3に入る1年前の1995年までの市場を分析する。

1986年から1990年にかけて1モデル当たり生産台数年平均増加率は、国内2.2%、世界5.0%であり、1980年代前半に比べれば1モデル当たり生産量の増加が確認できる。とはいえ全モデル合計の生産台数年平均増加率国内3.6%、世界6.4%に比べれば、1モデル当たり生産台数の伸びは芳しくない。国内、世界生産台数が上下動するなか、モデル数は増え続けていた。したがって1980年代後半において市場は、1モデル当たりの需要が伸びにくい状況であったといえる。

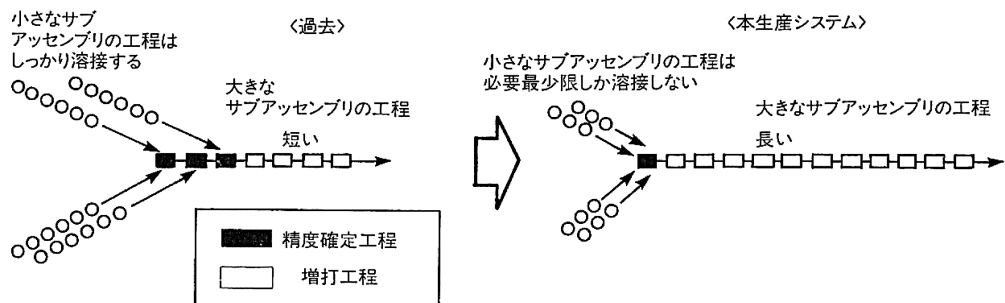
また1991年から1995年にかけて生産台数年平均増加率が国内-6.1%、世界-1.8%であり、1モデル当たりでは国内-10.4%、世界-6.3%であった。フェーズ1とは異なり、全モデル合計の生産台数も減少している。さらに1モデル当たり生産台数もフェーズ1や1980年代前半より著しく落ち込んでいる。国内生産台数が大きく減少（その分世界生産台数も減少）したのに対し、モデル数が年平均で5.1%も増加したためである。したがって1990年代前半において市場は、1モデル当たりの需要減少が深刻な状況であったといえる。

2.2.2 工程

小サブ組立工程で扱う部品はサブ組立工程のそれよりも寸法が小さく、形状が複雑なため、小サブ組立工程では専用機を使用せざるを得なかった³¹⁾。したがって1モデル当たり需要の減少が進むほど、小サブ組立工程の溶接機の稼働率が落ち込むこととなる。

そこでトヨタは小サブ組立工程における溶接点数を最大限削減し、削減分をロボットが使用可能なサブ組立工程に回した(図5参照)³²⁾。つまり稼働率維持・向上のボトルネックである専用機を最大限減らし、車体組立工程トータルとして溶接機稼働率の多モデル化及びFCに対

図5 フェーズ2小サブ組立工程の短縮とサブ組立工程の延長に関する概念図



注) 左側がフェーズ2に入る前、右側がフェーズ2である。
出所) 西海 (1991)、62頁、図2より転載。

する柔軟性を高めた。

またサブ組立工程、メインボディ組立工程では、位置決め用治具を据え置かず、ライン上に循環させた。モデル数分治具を用意すれば、その分だけモデルをラインに流せるからである³³⁾。また据置とは異なりライン上の治具は外段取りできる³⁴⁾。よって治具による位置決めモデル多様化に対する柔軟性及び治具段取替えの FC に対する柔軟性が向上した。

ただし治具の循環には柔軟性低下のリスクがあった。当該モデルの受注が好調であれば当該治具の多くが車体部品を把持した状態でライン上を循環するから、その役割は果たされている。しかし当該モデルの受注が不調となれば当該治具の多くが遊休化する³⁵⁾。遊休化問題は FC 後当該モデルの受注が瞬く間に失速する市場において顕在化する³⁶⁾。また多数の治具を循環させていけば、投入モデルの変更時に治具をその数だけ別途用意しなければならず、その分のコスト、リードタイムも問題となる。

以上の通り、フェーズ 2 では小サブ組立工程短縮と治具循環により、第 1 に溶接機稼働率の多モデル化及び FC に対する柔軟性が高まり、第 2 に位置決めの多モデル化に対する柔軟性及び段取替えの FC に対する柔軟性が高まった³⁷⁾。これらにより 1 モデル当たり需要がフェーズ 1 以上に減少する市場へ対応したと考えられる。

しかしモデル短命化が問題となった場合、多数の治具を循環させているため、第 1 に多くの治具が遊休となる。換言すれば治具使用率の当該モデル需要減退に対する柔軟性が不足してしまう。第 2 に投入モデル変更時に多数の治具を別途用意しなければならない。換言すれば治具設計・製造に関わるコスト、リードタイムの投入モデル変更に対する柔軟性が不足してしまう。モデル短命化問題が顕在化した場合、これら 2 つの柔軟性不足が課題として浮き上がることとなる。

2.3 フェーズ 3：治具使用率向上、治具設計・製造容易化（1990 年代後半～2000 年前後）

2.3.1 市場

第 1 に 2.1.1、2.2.1 同様、1 モデル当たり生産台数に着目する（表 1 参照）。1996 年から 2000 年にかけて 1 モデル当たり生産台数年平均増加率は、国内-2.3%、世界-0.3%であり、1 モデル当たりの需要は 1990 年代後半の方が 1990 年代前半より落ち込んだと考えられる。同表より生産台数自体の回復傾向は確認できるから、モデル過剰が窺える。

同時期の市場の特徴として第 2 に国内市場における FC 効果の持続期間に着目する。小型乗用車 4 モデルを取り上げ、月間登録台数の FC 後の変化を分析する。まず当該モデルの登録台数が FC2 年目に FC1 年目から何%増減したのかを月ごとに求めた。次に月ごとのその値を平均した。そして FC3 年目以降も同様に計算した（表 2 参照）。

カラーを除く 3 モデルには共通点が 2 つある。第 1 に 1990 年代後半投入のモデルは全て、

表2 FC後経過年数による月間登録台数(各月平均値)の変化

カローラ						スターレット					
FC 世代	1年目 →2年目	2年目 →3年目	3年目 →4年目	4年目 →5年目	5年目 →6年目	FC 世代	1年目 →2年目	2年目 →3年目	3年目 →4年目	4年目 →5年目	5年目 →6年目
5代目	+9.3%	+12.3%	-8.3%			3代目	+7.9%	-14.8%	-1.5%	-4.2%	+39.4%
8代目	+0.5%	+6.6%	-15.4%	-16.5%	-23.6%	5代目	-5.0%	-11.1%	-48.3%		
スプリンター						ビスタ					
FC 世代	1年目 →2年目	2年目 →3年目	3年目 →4年目	4年目 →5年目	5年目 →6年目	FC 世代	1年目 →2年目	2年目 →3年目	3年目 →4年目	4年目 →5年目	5年目 →6年目
5代目	-20.0%	-0.4%	-4.0%			2代目	+30.3%	-19.9%	+1.8%		
8代目	-16.7%	-26.2%	-23.0%	-18.8%	-16.9%	4代目	-53.1%	-12.9%	-48.8%		

注) 網掛けなしが1980年代、網掛けありが1990年代後半(一部1994年、2000年含む)である。
+は増加、-は減少である。

原典) (社)日本自動車販売協会連合会『自動車登録統計情報(新車編)』各月版。
出所) 宇山(2010)、214頁、表3より作成。

各月登録台数平均値がFC2年目に前年のそれを下回る。第2に同平均値の前年のそれとの差は、一度もプラスに転じていない。つまり1990年代後半のこれら3モデルは、FC効果のピークが1年で過ぎ去り、時間が経過するほど顧客に対する訴求力を失い続けたといえる³⁸⁾。

これら3モデルほど明確な特徴は同表カローラの欄に見出せない。しかしFC後2年目、3年目の前年からの月間登録台数増加割合は、1990年代後半モデルの方が明らかに小さい。同様に4年目の同割合は1990年代後半モデルの方が小さいし、5年目、6年目には2桁の減少が続いている。よってカローラに関してもFC効果は、1990年代後半の方が1980年代に比べて弱まったことが窺える³⁹⁾。

したがって1990年代後半の市場は、第1にフェーズ2以上にモデル過剰であり、第2に国内に限定するとモデルが短命化していたといえる。

2.3.2 工程

フェーズ2の車体組立工程では治具が多数用意されていた。フェーズ3に入りモデルが短命化したことで、多数の治具の遊休化、また投入モデル変更時の多数の治具準備に関わるコスト増加・リードタイム長期化が問題となった。そこでトヨタは多数存在する治具の抜本的削減を図った。これには2つのアプローチが採用された。

第1にサイドメンバの運搬を治具なしで可能とした。メインボディ組立ライン上に同部品を把持する治具が複数流れることがなくなり、その分治具数を削減できた⁴⁰⁾。

第2に位置決めを1モデルにつき1治具で可能とした。まずロボットがアンダーボディにサイドメンバを据え置く。このとき仮止め用のツメが折り曲げられる。その後車体上部から治具が投入される。このとき車体上部にルーフはセットされておらず、上部は空いている。治具が

車体内部の所定の位置に到達したとき、各ボディ部品は車体内側から治具で保持される。ルーフ以外の車体部品が溶接された後、治具は上方へと引き上げられる。そしてルーフをロボットのみで位置決めし、溶接する。一連の作業で治具の使用時間は10数秒であり、次の車体が当該工程に到達するまでの間にその車体用治具を準備できる⁴¹⁾。

上記2つのアプローチで治具数が大幅に削減されたため、第1に遊休化する治具を劇的に減らし、治具使用率が大幅に向上したと考えられる。第2に車種追加に伴う設備投資額を70%削減できた⁴²⁾。無論治具数削減分、新たな治具の準備に要するリードタイムも短縮できただろう。こうして車体組立工程への投入車種変更で必要となる治具設計・製造が容易になったと考えられる。モデル短命化への対応において、治具数削減による治具遊休化防止、治具設計・製造容易化は極めて有効であったといえよう⁴³⁾。

以上の通り、フェーズ3では治具数の抜本的な削減により、第1に治具使用率の当該モデル需要減退に対する柔軟性が高まった。第2に治具設計・製造に関わるコスト、リードタイムの投入モデル変更に対する柔軟性が高まった⁴⁴⁾。これらによりモデルの短命化した市場に対応したと考えられる。

2.4 小括

トヨタの車体組立工程ではフェーズを経るにつれ専用度が低下していった（表3太線より上側参照）。この低下は第1に混流⁴⁵⁾の容易化（①溶接の正確さの多モデル化に対する柔軟性、②溶接機稼働率の多モデル化に対する柔軟性、これら2つの向上）、第2にラインへの投入モデル変更による工程側の負荷軽減（①治具使用率の投入モデル変更に対する柔軟性、②溶接機・治具の設計・製造コストの同変更に対する柔軟性、③溶接機・治具の設計・製造リードタイムの同変更に対する柔軟性、これら3つの向上）をもたらした。

表3 車体組立工程の展開（1970年代中頃～2000年前後）

フェーズ（通称）		フェーズ1 （マシンバック方式）	フェーズ2 （FBL）	フェーズ3 （GBL）
組立	溶接	専用機	専用機	専用機
	工程の長さ	長	短	短
サブ	溶接	専用機	ロボット	ロボット
メイン ボディ	溶接	ロボット	ロボット	ロボット
	位置決め	治具多	治具多	治具少
品質、コスト、リードタイムの混流・投入モデル変更に対する柔軟性		小	中	大

注) 網掛けは車体組立が専用化された箇所または専用度が3フェーズのなかで高い箇所である。

FBLはFlexible Body Line、GBLはGlobal Body Lineの略称である。

出所) 以上の議論より作成。

したがって品質 (①)、コスト (②、①、②)、リードタイム (③) の混流・投入モデル変更に対する柔軟性の向上を、トヨタの車体組立工程の柔軟化の進展における傾向と見なすことができる (表3太線より下側参照)。

3 プラットフォーム共通化の進展

異なる外観に共通 PF が使用されたトヨタ初のモデルは、1970年登場の初代カーリーナ、初代セリカであった。これらの PF は Wb、前後 Tr が完全に一致したと既述した (第1節)。

1977年からは共通 PF の寸法にバリエーションを与えられるようになった⁴⁶⁾。寸法の異なる PF であっても、強度解析等に共通使用できるデータがあれば、衝突安全試験等を減らし、開発工数削減、開発リードタイム短縮が可能となる⁴⁷⁾。

以下このバリエーションの程度で PF 共通化を2つのフェーズに分ける。その際第2節のフェーズ表記との混同を避けるため、車体共通化のフェーズはローマ数字で表記する。

フェーズIIの共通 PF を適用された最初のモデル群は、後述の通り1999年から2000年に投入された。よってこの PF は1990年後半に開発がスタートされたと判断し⁴⁸⁾、フェーズIIを1990年代後半から2000年とした。

3.1 フェーズI：一部バリエーション付与 (1970年代中頃～1990年代前半)

1970年から1994年に投入されたトヨタ車で、共通 PF の使用が22件確認できた (表4参照)⁴⁹⁾。紙幅の制約から同表にはボディ寸法をモデルごとには記載せず、各モデルのボディ寸法の範囲 (最大値と最小値との差) と標準偏差のみ記載した。

トヨタでは多モデル対応が1970年代中頃から重要度を増していた (2.1.1, 2.2.1)。その達成に向け車体組立工程では専用度削減が進められた (2.1.2, 2.2.2)。一方表4より同時期の多モデル対応として、PF 共通化も進められたことが窺える。多モデル化で増大した開発負荷 (工数増加、リードタイム長期化) は、PF 共通化により緩和できる。なぜなら PF を複数のモデルに跨って共通化し、各モデルで共通使用可能なデータが存在すれば (共通化対象モデルの検討や共通部品と関連部品との調整等に関する工数、リードタイムを除外して考えるならば)⁵⁰⁾、共通化分だけ開発負荷を緩和できるからである。

1970年時点での PF 共通化と1970年代中頃からのそれとの違いは、Tr にみられる。前者の時点ではこれらの数値は完全に一致していたが、後者の時点では Tr にバリエーションが確認できる。表4で (1)～(4)、(8)～(10)、(12)、(14)～(21) の16もの PF にそれが確認できる。さらにその範囲も (14) の Tr (後) では50mmにも及んでいる。

ただし Wb にバリエーションを確認できるのは、22件中 (2)、(19) の2件に留まる。さらにその範囲は5.0mm、標準偏差も2.4mmでしかない。後述の通り2000年前後投入モデルから Wb に幅広くバリエーションが設けられたが、この時期はその水準に至っていない。

表4 PF 共通化モデルの寸法の幅、ばらつき（1970～1994年投入車、投入時期の早い順に）

		(単位：mm)						
		Wb	Tr 前	Tr 後	全長	全幅	全高	
(1)	2代目カリーナSD, 2代目セリカ【以上1977-1981】, セリカ・カムリ【1980-1982】	範囲	0.0	15.0	35.0	215.0	15.0	5.0
		標準偏差	0.0	7.5	17.5	107.5	7.5	2.5
(2)	4代目コロナ・マークII SD, 同HT, 初代クレスト2.0L, 同1.8L, 2代目チェイサーHT, 同SD【全て1980-1984】	範囲	5.0	15.0	25.0	0.0	0.0	30.0
		標準偏差	2.4	7.1	11.8	0.0	0.0	14.1
(3)	3代目カリーナSD, 同CP【以上1981-1988】, 3代目セリカ1.8L, 同2.0L【以上1981-1985】, 7代目コロナサルーン, 同HT【以上1982-1985】	範囲	0.0	20.0	35.0	180.0	20.0	90.0
		標準偏差	0.0	10.0	17.5	64.0	7.9	33.8
(4)	4代目カリーナFF1800【1984-1988】, 8代目FFコロナ【1983-1987】	範囲	0.0	10.0	10.0	20.0	0.0	0.0
		標準偏差	0.0	5.0	5.0	10.0	0.0	0.0
(5)	初代カローラFX, 5代目カローラSD4ドア1600【全て1984-1987】	範囲	0.0	0.0	0.0	185.0	0.0	5.0
		標準偏差	0.0	0.0	0.0	92.5	0.0	2.5
(6)	マークII HT, 同SD, 3代目チェイサー, 2代目クレスト【全て1984-1988】	範囲	0.0	0.0	0.0	60.0	0.0	30.0
		標準偏差	0.0	0.0	0.0	30.0	0.0	13.0
(7)	初代カリーナED, 4代目セリカ, コロナCP【全て1985-1989】	範囲	0.0	0.0	0.0	110.0	0.0	15.0
		標準偏差	0.0	0.0	0.0	45.0	0.0	7.1
(8)	スプリンター・シエロ1600GT, 6代目スプリンター【全て1987-1991】	範囲	0.0	15.0	15.0	0.0	0.0	5.0
		標準偏差	0.0	7.5	7.5	0.0	0.0	2.5
(9)	2代目カローラFX3ドア, 2代目カローラFX5ドア, 5代目カローラSD1.6L, 5代目カローラSD1.5L【全て1987-1991】	範囲	0.0	15.0	15.0	200.0	0.0	5.0
		標準偏差	0.0	7.5	7.5	100.0	0.0	2.5
(10)	4代目カリーナSD【1988-1992】, 9代目コロナ【1987-1992】	範囲	0.0	15.0	15.0	60.0	0.0	0.0
		標準偏差	0.0	7.5	7.5	30.0	0.0	0.0
(11)	6代目マークII HT, 同SD, 4代目チェイサー, 3代目クレスト【全て1988-1992】	範囲	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0
		標準偏差	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0
(12)	2代目カリーナED, 5代目セリカアクティブ・スポーツ, 同2000GT-Four, 初代コロナ・エクシヴ【全て1989-1993】	範囲	0.0	5.0	5.0	80.0	0.0	25.0
		標準偏差	0.0	2.2	2.2	34.9	0.0	9.0
(13)	3代目ビスタHT, 同SD, 実質3代目カムリSD, 同HT【全て1990-1994】	範囲	0.0	0.0	0.0	70.0	0.0	15.0
		標準偏差	0.0	0.0	0.0	28.7	0.0	7.5
(14)	4代目ターセル4ドア, 同3ドア, 4代目コルサ4ドア, 同3ドア, 3代目カローラII FF, 同4WD【以上1990-1994】, 初代サイノス【1991-1995】	範囲	0.0	10.0	50.0	215.0	15.0	85.0
		標準偏差	0.0	2.7	17.9	95.5	6.8	26.4
(15)	7代目スプリンター, 7代目スプリンター・トレノ【全て1991-1995】	範囲	0.0	10.0	0.0	5.0	10.0	70.0
		標準偏差	0.0	5.0	0.0	2.5	5.0	35.0
(16)	7代目カローラSD【1991-1995】, 3代目カローラFX4A-GE, 同4A-GE スーパーストラット・サス, 同4A-FE【以上1992-1995】	範囲	0.0	10.0	20.0	175.0	10.0	5.0
		標準偏差	0.0	4.3	7.1	75.8	4.3	2.5
(17)	カローラ・セレス, スプリンター・マリノ【全て1992-1998】	範囲	0.0	10.0	10.0	0.0	0.0	0.0
		標準偏差	0.0	5.0	5.0	0.0	0.0	0.0
(18)	7代目マークII 180ps, 同280ps, 5代目チェイサー, 4代目クレスト280ps, 同135ps【全て1992-1996】	範囲	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0
		標準偏差	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0
(19)	4代目ライトエース・ワゴンGE版, 同DE版, 2代目タウンエース・ワゴンビッグマイナーチェンジ後【全て1992-1996】	範囲	5.0	15.0	10.0	35.0	0.0	30.0
		標準偏差	2.4	7.1	4.7	16.5	0.0	14.1
(20)	3代目カリーナED, 2代目コロナ・エクシヴ【以上1993-1998】, 6代目セリカFF, 同4WD【以上1993-1999】	範囲	0.0	0.0	5.0	80.0	10.0	20.0
		標準偏差	0.0	0.0	2.2	36.6	5.0	10.0
(21)	5代目ターセル3ドア, 同4ドア, 5代目コルサ4ドア, 同3ドア, 4代目カローラII 1.5L, 同1.3L【全て1994-1999】	範囲	0.0	0.0	35.0	205.0	0.0	0.0
		標準偏差	0.0	0.0	17.5	96.6	0.0	0.0
(22)	4代目ビスタHT, 同SD, 実質4代目カムリ【全て1994-1998】	範囲	0.0	0.0	0.0	25.0	0.0	20.0
		標準偏差	0.0	0.0	0.0	11.8	0.0	9.4

注) すみつきカッコ内の数字は投入年と廃止年を意味する。

世代不記載のモデルは1世代限りである。

SDはセダン、HTはハードトップ、CPはクーペ、GEはガソリンエンジン、DEはディーゼルエンジンを指す。

出所) ㈱二玄社(2000)、6-35頁; 同(2004)、6-76頁; 同(2009)、6-122頁より作成。

以上よりPF共通化のフェーズIにおける特徴とは、それ以前の共通化とは異なり共通PFにバリエーションが付与されたこと、ただしそれは後述するフェーズIIの共通化とは異なり一部に留まったことである。

3.2 フェーズⅡ：全面的なバリエーション付与（1990年代後半～2000年）

トヨタはPF等が過度に多様化されているとバブル崩壊後に認識した⁵¹⁾。これへの1つの対応として共通PFの適用範囲を広げた。ニュー・ベーシック・カー（略称NBC）シリーズとして当初計画されていた5モデルを新たに開発した1つのPFでカバーした⁵²⁾。

Wbの幅、ばらつきは、フェーズⅠではほとんどみられなかったが、フェーズⅡに入ると範囲130.0mm、標準偏差62.9mmにも及んでいる（表5（a）参照）。なおこのPFはその後別のモデルにも適用された。その適用を確認できた2002年投入のWiLL CYPHA⁵³⁾、2004年投入のヴィオス、初代ポルテを併せると（表5（b））、NBC用PFのWbは、範囲230.0mm、標準偏差80.1mmにもなる。

以上よりPF共通化のフェーズⅡにおける特徴とは、フェーズⅠとは異なりWbにもバリエーションが全面的に付与されたことである。

表5 初代ヴィッツのPF適用モデルの寸法の幅、ばらつき

(a) 1999～2000年投入モデル（NBC） （単位：mm）							(b) NBC+WiLL CYPHA, 初代ヴィオス, 初代ポルテ （単位：mm）						
	Wb	Tr 前	Tr 後	全長	全幅	全高		Wb	Tr 前	Tr 後	全長	全幅	全高
範囲	130.0	10.0	25.0	535.0	30.0	205.0	範囲	230.0	30.0	35.0	675.0	30.0	280.0
標準偏差	62.9	4.3	6.7	189.3	11.7	78.8	標準偏差	80.1	8.4	9.3	203.8	13.4	88.0

注) NBCは初代ヴィッツ、プラットフォーム、ファンカーゴ、WiLL Vi、初代bBの5モデルを指す。

WiLL Viは2000年投入、2001年廃止、WiLL CYPHAは2002年投入、2005年廃止、初代bBは2000年投入、2005年廃止、初代ヴィオスは2004年投入、2007年廃止、初代ポルテは2004年投入、2012年廃止、その他のモデルは1999年投入、2005年廃止である。

初代ヴィッツのPFがWiLL CYPHAに適用されたことは、(株)webCG「web CG トヨタ WiLL サイファ 1.3 (4AT) 【グリーンテスト】」(<https://www.webcg.net/articles/-/17029>) (2018年11月19日閲覧)；同様に初代ヴィオスに適用されたことは、『日経産業新聞』2002年10月9日付；同様に初代ポルテに適用されたことは、『日経産業新聞』2004年7月27日付で確認した。

出所) 投入、廃止の年に関しては、トヨタ自動車(株) (2013)、176、179、180頁による。各モデルの寸法は、NBCシリーズを成美堂出版(株) (2001)、230～231ページ；WiLL CYPHAと初代ポルテをトヨタ自動車(株)「トヨタ自動車75年史 もっといいクルマをつくろうよ 車両系統図 カタログ」(http://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/vehicle_lineage/family_tree/index.html) (2018年11月19日閲覧)；初代ヴィオスのみMotor Stuttgart GmbH (2005)、p. 265より作成。

以上の通り、トヨタにおける共通PF開発は、1970年代初頭の寸法の厳格な統一からスタートし、1970年代中頃から1990年代前半には一部バリエーションが付与され、1990年代後半から2000年に入ると全面的にバリエーションが付与されるに至った。よって第1に当該PF適用範囲拡大、第2にその拡大で各種設計・試験が共通使用されることによる開発負荷軽減、これら2点を同社のPF共通化の進展における傾向と見なすことができる。

4 車体組立工程柔軟化とプラットフォーム共通化との関係

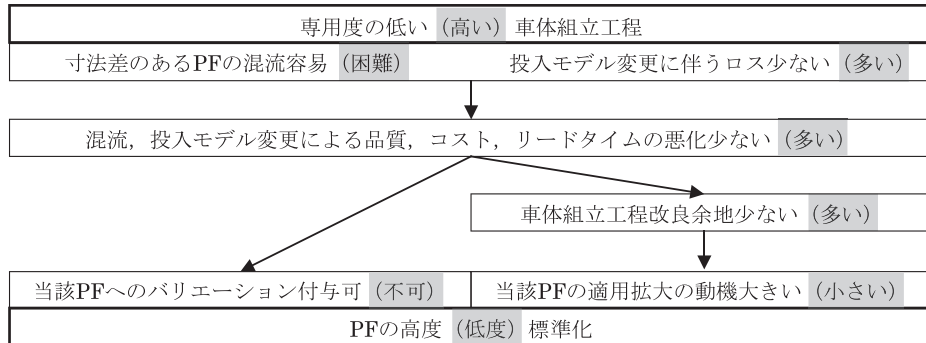
第2節、第3節でトヨタの車体組立工程と共通PF開発、それぞれの変遷にみられる傾向を

表 6 車体組立と共通 PF 開発の展開

		1970 年代初頭	1970 年代中頃～ 1980 年代初頭	1980 年代中頃～ 1990 年代前半	1990 年代後半～ 2000 年前後
車体 組立	専用度	最も高い	高い	低い	最も低い
	混流, 投入モデル変更の容易さ	最も困難	困難	容易	最も容易
PF 開発	当該 PF の寸法幅 (適用範囲)	狭い	中程度		広い
	開発効率	低い	中程度		高い

出所) 1970 年代初頭を宇山 (2018) ; それ以外を本稿における以上の議論より作成。

図 6 トヨタにおける車体組立工程の専用度と PF 標準化レベルとの関係



出所) 以上の議論より作成。

分析した。これら 2 つの分析結果をもとに、両者の関係を考察する (表 6 参照)。

車体組立工程では専用度の低下に伴い、混流、投入モデル変更が容易になっていった。混流、投入モデル変更が困難な時期ほど当該 PF の寸法幅 (適用可能なモデルの範囲) は狭く⁵⁴⁾、それが容易な時期ほど同幅 (同範囲) は広い。これら混流、投入モデル変更の難易と当該 PF の同幅 (同範囲) には、以下の 2 つの関係があると考えられる (図 6 参照)。

1 点目は当該 PF へのバリエーション付与の可否に関わる。車体組立工程のフェーズ 1 から 3 への進展により、寸法差のある PF の混流が容易となった。また投入モデル変更に伴うロス (新規治具製造等) も減少した。よって多様な部品を同一ラインに流し、組み立てても⁵⁵⁾、また投入モデルを変更しても、品質 (2.4①)、コスト (2.4②、①、②)、リードタイム (2.4③) が、その代償とはならなくなった。つまり共時的にも経時的にも当該 PF へバリエーションを付与することが可能になったと考えられる。

2 点目は当該 PF の適用範囲拡大の動機に関わる。上記の通り車体組立工程はフェーズを経るごとに、混流を進めても、投入モデルを変更しても、競争パフォーマンスが低下しにくくなった。この限りでは車体組立工程はフェーズ 3 で改良余地が小さくなった。他方で PF 共通化フェーズ I では Wb にバリエーションをほとんど付与していなかった。その分同一 PF の適用モデル

は狭く、当該開発の成果を幾度もリピート使用できていない点で共通 PF の適用拡大余地は大きかった。つまり 1990 年代後半には工程側の改良余地縮小により、共時的にも経時的にも当該 PF の適用範囲を広げる動機が相対的に高まったと考えられる。

当該 PF へバリエーションを付与し、当該 PF を広範なモデルへ適用することは、(共通化対象モデルの検討や共通部品とその関連部品との調整等に関する工数、リードタイムを除外するならば) モデル当たり PF 開発コストを下げ、同リードタイム短縮させるという点で、PF の高度標準化といえよう。そして車体組立工程柔軟化が PF の高度標準化に、上記 2 点(それを可能にし、それに向かう動機を高める点)で関与していたと考えられる。

5 おわりに

本稿はトヨタにおける車体組立工程柔軟化と PF 共通化との関係について説明することを課題とした。同社は車体組立工程の専用度を段階的に下げていった。これにより品質(溶接の正確さ)、コスト(溶接機稼働率、治具使用率、溶接機・治具の設計・製造コスト)、リードタイム(溶接機・治具の設計・製造リードタイム)、これら 3 つの競争パフォーマンスの混流、投入モデル変更に対する柔軟性が向上していった。

この工程の柔軟性向上は 2 つの点で PF 共通化を促進させたと考えられた。混流を進め、投入モデルを変更しても上記パフォーマンスが低下しにくいことから、当該 PF へのバリエーション付与が可能となった(1 点目)。また上記パフォーマンス低下が防止できた点で車体組立工程の改良余地は小さく、相対的に共通 PF 開発の改良余地が大きくなったことから、PF 共通化の進展に取り組む動機が高まった(2 点目)。

この結論から自動車企業による部品共通化に関して次の含意を汲み取れるだろう。1990 年代後半トヨタをはじめとする日本自動車企業は、過度な多様化への反省から広範囲に亘る部品共通化戦略を策定し、実行した。それはバブル崩壊後の同企業の競争力要因と評価された⁵⁶⁾。しかしその戦略策定に向かう動機は、工程の柔軟性に関する改良余地が小さく(部品共通化の改良余地が相対的に大きく)なった後でなければ十分に高まらなかったであろうし、高い柔軟性をもつ(寸法差のある PF に対応可能な)工程なしには、その戦略は奏功しなかったであろう。つまり工程に高い柔軟性が構築されていたからこそ、高度な部品共通化へ向かう戦略が採用、実現されたのではないだろうか。

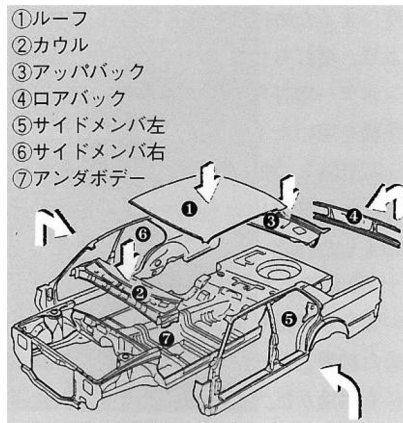
もしこの含意が妥当ならば、車体組立工程を柔軟化させた企業ほど共通 PF のバリエーションが広く、同工程を柔軟化させなかった企業ほど同バリエーションが狭いはずである。つまり車体組立工程の柔軟性に関する企業間の差が、共通 PF のバリエーションの広さに反映されるのか否かで上記含意の妥当性を検証できる。これを今後の課題としたい。

【謝辞】 本研究は JSPS 科研費 JP18K01866 の助成を受けたものです。

注

- 1) 「自動車の、人が乗り荷物が積まれる部分全体のこと」(GP 企画センター（編）、2016、401 頁)。
- 2) エンブレムやライト等車体以外の違いは含まない。また車体でも販売店系列の違いに対応するためにフロントエンド、リヤエンド等細部のみ差別化させた箇所は含まない。
- 3) 第 2 節ではアンダーボディ（下図の表記ではアンダーボデー）、サイドメンバ、ルーフが車体用語として用いられる。それぞれの位置を下に示した。

図 メインボディの構成部品

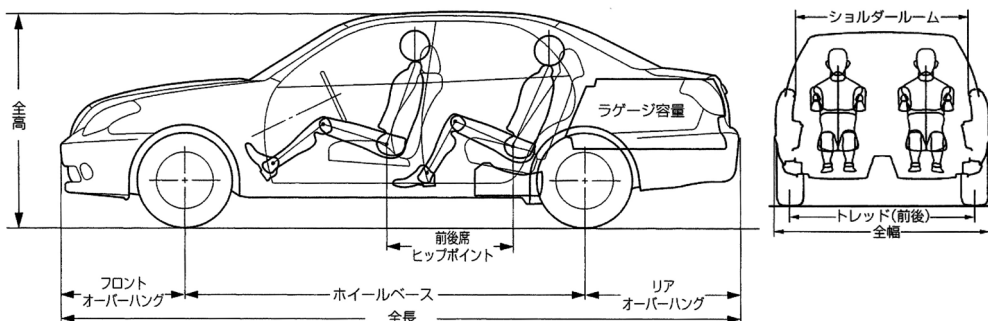


出所) (株) エス・ティー・シー (2002)、163 頁より転載。

- 4) 自動車のホイールベース（以下、Wb と略記）、トレッド（以下、Tr と略記）、全長、全幅、全高のうち（それぞれの範囲は下図参照）、Wb と Tr は直進性と旋回性に深く関与する。つまり Wb、Tr へのバリエーション付与で自動車の基本特性を差別化できる（細川、2003、250 頁）。一方全長、全幅、全高へのバリエーション付与で自動車の外観を差別化できる。

上記 6 項目に関する初代カリーナ、初代セリカの寸法は、下表の通り外観部のみ差別化が確認できる。

図 Wb、Tr、全長、全幅、全高の範囲



出所) 細川 (2003)、250 頁より転載。

表 初代カーリーナ、初代セリカの車体寸法

(単位: mm)

	Wb	Tr 前	Tr 後	全長	全幅	全高
初代カーリーナ	2425	1280	1285	4135	1570	1385
初代セリカ	2425	1280	1285	4165	1600	1310
寸法差 (絶対値)	0	0	0	30	30	75

出所) ㈱二女社 (2000)、16、18 頁より作成。

- 5) 「車体組立工程は、プレス工程において加工された部品を溶接などの方法により接合し、ホワイトボデーにする工程である」((公財)自動車技術会, 2016, 294 頁)。ホワイトボデー(引用文ではホワイトボデー)は「自動車の製造工程で、塗装直前の車体のこと」(GP 企画センター(編), 2016, 404 頁)である。なお車体サブ組立工程については第 2 節で述べる。
- 6) 「治具内に複数の溶接機を備え、同時に多数の溶接を自動的に行う」(小西・高岸, 1980, 172 頁)専用機のこと。
- 7) 以上の PF 共通化について宇山(2018)で論じた。
- 8) 柔軟性に関するこの用法は、『フレキシビリティ』(=柔軟性—引用者)は常に『Y の X に対するフレキシビリティ』という形で規定されるものであり、Y(競争パフォーマンス)と X(環境要因)をきちんと決めない限り正確な議論はできない」(藤本, 2001, 309 頁)という考えに基づく。
- 9) 本稿では文末脚注前掲図「メインボディの構成部品」のアンダーボディと左右サイドメンバを指す。
- 10) 同社の製造工程に関する研究は、その競争力が際立っていた 1970、1980 年代に着目するか(Womack, Jones and Roos, 1990; 鈴木, 1994 等)、製造工程の特徴がそれ以前に形成されたとして 1960 年代やそれよりも前の時期にも着目した(佐武, 1998; 和田, 2009 等)。いずれにせよ製造工程に関心を寄せる研究は、バブル期以前を主な対象とした。一方同社の部品共通化に関する研究は、バブル崩壊後を対象とした。バブル崩壊後製造工程の改善では、縮小、停滞する市場へ対応しきれず、別次元の対応(部品共通化等)が重要になったためである(延岡, 1996, 138-139 頁; 藤本, 2003, 310-311 頁)。つまり製造工程に関する研究と部品共通化に関する研究とは、対象とする時期が基本的に異なる。このことが車体組立工程柔軟化と車体共通化とを別の論点にさせた 1 因であると推察される。

なおトヨタにおける車体組立工程柔軟化に関しては、① 設備・治具を視点とした荻野(1995); 鶴原(2001); 近藤(2010)等、② ①と労働との関連を視点とした MacDuffie and Pil(1997); 小松(2005)(前者ではトヨタを含む日本自動車企業が対象)、③ 生産指示・調整の仕組みを視点とした黒須(1994); 小林・桐山・安田・白井(1991); 山本(1990)等がある。
- 11) 『溶接学会誌』、『自動車技術』等車体組立に関わる雑誌から判断した。
- 12) 無論企業は市場適合のみを目的に工程を編成するわけではない。労働に関わる問題も工程特性決定の 1 因である。たとえば市場が急激に拡大し、その対応で自動化が課題になったとしても、労働者側の反発が強ければそれは実現しにくいだろう。この労働に関わる問題については文末脚注で適宜言及する。
- 13) ホワイトボディを形成するのがメインボディ組立工程である。同工程に必要なアンダーボディ等を形成するのがサブ組立工程である。サブ組立工程に必要なアンダーボディ等の構成部品(フロントフロア等)を形成するのが小サブ組立工程である(㈱エス・ティー・シー, 2002, 162 頁; 飛田・新井・柴田・牟田, 1991, 88 頁)。なおトヨタでは車体組立工程に関する用語として組立ではなくアセンブリが用いられているが、ここでは紙幅節約のため前者を用いている。
- 14) 「電極(チップ)によって被溶接物を加圧しこれに短時間、大電流を流し局部を溶解接合させる」(小

- 西・高岸，1980，164頁）のがスポット溶接である。1970年代末他の溶接法に比べリードタイムが短いこと、ランニングコストが低いこと、歪の発生が少ないこと、自動化が容易であること、熟練を要さないことから、車体接合の9割以上でスポット溶接が使用されていた（島武，1980，150-151頁）。日本では2010年代初頭においても車体接合の100%近くをスポット溶接が占めている（牧野，2012，44頁）。
- 15) 同一車名であってもボディタイプが異なればそれぞれ別のモデルとしてカウントした。たとえばカロラのセダンとクーペまたその他ボディスタイルについて、それぞれ異なるモデルとしてカウントした。
- 16) 小数点第2位を四捨五入。これ以降の計算も同様に処理する。
- 17) なお1966年から1975年、1976年から1985年で計算すると、前者が10.4%、後者が-0.4%である。この時期区分でも前者より後者で1モデル当たり国内生産台数が伸びなくなったことは明白である。
- 18) トヨタではロボット導入時から利用が急激に進展するまでに約10年要した。これはロボットの信頼性、動作速度、設置面積、コストが実用に堪えるまでの期間である（トヨタ自動車㈱，1987、本編の666頁；吉田，1981，22-23頁）。
- 19) 「ロボットによる溶接は当初、ポータブルガンによる溶接において人をロボットに置き替えただけであつたが（後略—引用者）」（柴田，1989，83頁）。
- なお作業者をロボットへと急速に転換できた条件として、第1に1954年以降労使協調が続いていたこと（野村，1993，259頁）、第2に市場拡大により（表1参照）自動化を進めても雇用が抑制されなかったこと、これら2点が指摘できる。これら2つの条件を満たさないGMではシボレーベガのスポット溶接ラインにロボットを25台程度設置したところ、労働者からの反発で16ヵ月のストライキが発生した（稲垣，1991，94頁；同，2000，2頁；溶接学会編集委員会編，1971，82頁）（25台程度としたのは、稲垣（1991）、（2000）では24台、溶接学会編集委員会編（1971）では26台と記載されているため）。同社を含め米国自動車企業は労使対立がトヨタに比べ強く、またロボット導入に至る5年間（1966～1970年）の工場出荷台数年平均増加率は-5.7%であつた（久保，2009，286頁）。
- 関連してスポット溶接用を含むロボットの实用化時期に、欧米では高失業率からその導入に強い反発があり、日本では低失業率のため反発がなかったと指摘されている（森，1982，235-236頁）。
- 20) ㈱エス・ティー・シー（2002）、162頁。
- 21) ロボットの「揺籃期のころから現在まで、根強く使われているのが、ティーチプレイバック方式（教示—再生方式、ティーチングという表現が使われるがこれは正しい表現ではない）である。これはプレイバックロボットと呼ばれ、腕部を、作業させたいように実際に動かして、制御プログラムを自動的に生成する方式である。この利点は、産業用マニピュレーティングロボットの機械的・制御的誤差要因、作業対象との相対位置関係などにある問題点も、現物合わせ的な方法だからほとんどが無視できる。これらの誤差特性要因が大きかった揺籃期のものも、この方式であつたから使用に耐えたということができよう」（稲垣，2000，3頁）。
- 22) このミス発生確率の増大と自動化によるその防止について、トヨタの従業員による報告ではないが、高橋・近藤・築比地（1981）、37-38頁に記載されている。
- 23) 車体組立工程におけるロボット導入により、柔軟化とは別の経営課題にも対応可能となった。車体組立、特にメインボディ組立における作業は、同社に限らず従来から過酷であつた。数10kgの溶接ガンを持ち、車体内部に入って低い位置の溶接も必要であつた（小島，1983，35頁；高橋・近藤・築比地，1981，42-43頁；武岡，1981，127頁；福留・竹内，1992，50頁）。
- また溶接時の火花で火傷をしないよう、夏場でも全身を覆う服が必要であつた。1965年頃日産自動車㈱の車体組立工程において「（前略—引用者）入社教育の工場実習で、ちょうど真夏に溶接工程が割り当てられていた。

気温は30度を超え、職場は熱気で40度前後もある中で、鉄板の入った安全靴、厚い作業着、ヘルメットに加え、縦横に飛び交う火の粉で火傷しないように手甲、脚半に首タオル、水中眼鏡、ギザギザな鉄板を扱うための皮手袋と、冬でも平気な重装備で重いスポットガンやフロアーパネルを持たされる」(前澤, 1994, 105頁)という記録がある。自動化がなされていないメインボディ組立工程においては、トヨタでも同様の作業環境であったと推察できる。

上記の作業環境改善はフェーズ1以前からの継続課題であったが、ロボット化により解決が進んだ。

- 24) 駒木根・岩崎・林(1971)、103-107頁;溶接学会編集委員会編(1972)、87-88頁。
- 25) 福野(2009)、54頁。
- 26) 「ゲートラインの導入にあたりもっとも心配されたのはゲート(=サイドメンバ用治具—引用者)とトラック(=アンダーボディ用治具—引用者)の結合精度の問題であった。多数のゲートとトラックが任意に組み合わせられるため、結合部位の精度の要求は非常にきびしくなる」(駒木根・岩崎・林, 1971, 107頁)。
- 27) 溶接に関して静止作業と移動作業との比較は、小林(1969)、22-23頁を参考にした。
- 28) 荻野(1995)、52頁。
- 29) 西海(1991)、61頁。
- 30) 外段取りと内段取りは対概念である。「内段取りとは、どうしても機械をストップさせざるを得ない段取り作業のことを指している。これに対して、外段取りとは、機械が作動中に実施できる段取り作業のことを言う」(門田, 1991, 223頁)。
- 31) 小サブ組立工程で汎用機を用いたとき、生産性が極端に低下したという(原口, 1991, 51頁)。
- 32) 西海(1991)、62頁。なお専用機(小サブ組立)からロボット(サブ組立)へ溶接を移行する際、次の4点が問題となった。第1にラインの稼働率低下である。ラインの稼働率=各ロボットの稼働率×ロボット数のため(高橋・近藤・築比地, 1981, 38頁)、個々のロボットの稼働率が改良されなければ、ロボット数の増加によりライン稼働率が低下する。これはロボットの平均故障間隔を1983年時点の3000時間から遅くとも1990年には3万時間まで改良し、対応がなされた(原口, 1991, 59-60頁)。
第2に非加工時間増加である。ロボット1台あたりのサイズが同じままであれば、ロボットの増加分、車体組立総時間に占める工程間搬送等非加工時間が増える。これはロボットのサイズを縮小し、1工程あたり設置ロボット数を増やす(=工程総数を減らす)ことで対応がなされた(原口, 1991, 56-57頁)。
第3に内段取り時間増加によるFCへの対応度低下である。工作機械による切削とは異なり、車体組立ではワークと加工手段との位置関係が装置そのものによって決定されない。それゆえFC時外段取りが困難であった(稲垣, 2000, 3-4頁;楠田, 1995, 74-75頁)。しかし内段取りではロボットが多くなるほどにラインストップが長期化する。フェーズ2の車体組立ラインでは300台までロボットが増大していた。そこで内段取りの外段取り化としてオフライン教示-再生の実用性向上が図られた(佐伯, 1985, 58-59頁;原口, 1991, 57頁)。
第4に小サブ組立された部品の低い剛性であった。小サブ組立工程が短いため、その分パーツの剛性が低くなる。後述の治具循環によりパーツ精度を保つことで、この問題に対応した(原口, 1991, 51頁)。
- 33) たとえば高岡工場のあるラインでは4モデルが流された(西海, 1991, 60頁)。また工場名は確認できなかったが、トヨタはフェーズ2の車体組立ラインで最大6モデル流したという(福野, 2009, 54頁)。
ただしボディ寸法が大きいくほど溶接点数が多くなるため(中根, 1981, 61頁;吉田・中尾, 1975, 21-22頁)、寸法差を度外視して多数のモデルを同一ラインに流せば、小さいモデルを溶接する際の設備の能力過剰が問題となる。
- 34) 「車種ごとの専用パレットを外段取りで準備することで、生産ラインをシャットダウンすることなく

追加車種や新車種の生産が可能である」（柴田，1989，84頁）。なお引用文のパレットとは、治具の付いた台車のことである。

35) 当時の治具数は判明しているもので、1モデル当たりサイドメンバ左右それぞれ20台、ルーフで10台あった（鶴原，2001，62-63頁）。また治具は1台数千万円したという（小松，2005，56頁）。

36) 無論治具の過剰保有が全く考慮されなかったわけではない（小林・桐山・安田・白井，1991，97頁）。当時の市場状況ではこの問題が潜在化していたということである。

また篠原（1992）において上記を含む治具循環方式の5つの問題が下記の通り指摘されている。

「(1) 治具パレットの回収ラインと保管場所が必要となる。設備投資と生産職場スペースが大きくなるが、付加価値を全く産まない。

(2) 治具パレットは全工程に必要な治具を併せ持つ。治具パレット1台当たりの投資額が増加する。

(3) 同一治具を複数台製作するために投資額が増大、治具精度を一致させる管理が必要。管理しないと治具パレットにより車体精度がバラつく。

(4) 車種間の生産比率が変動すると、各車種専用の治具パレットの台数を増減する必要がある。しかも生産比率の増加に備えて（各車種の治具パレットを一引用者）余分に持たないと効率良く生産対応できないため、無駄な投資がかかる。

(5) 上の(2)～(4)による無駄な投資のため、生産車種の追加やモデルチェンジ時の投資額が高い」（42-43頁）。

37) なお生産を実行と指示調整とに分けたとき、本文の記述は前者に該当する。多モデル化の進展には後者の発展も必要であった。指示調整は1989年に大幅刷新された（黒須，1994，36頁）。

具体的には第1に情報の中央処理から分散処理への変更である。これにより現場での進捗調整が可能となった。手直しのため車体をラインアウトした場合、ラインを流れるモデルの順序について計画と実態とにずれが生じるが、現場での進捗調整のため迅速に対処できた（黒須，1994，36頁；山本，1990，80頁）。モデル多様化が進展するほど各種手直しによる車体の順序変更が頻繁になる。ゆえに現場での進捗調整を可能にしたことは、正確で迅速な進捗調整のモデル多様化に対する柔軟性を高めたといえる。

第2にIDタグの活用であった。車両にIDをとりつけることで、車両そのものがロボットへ生産を指示できた（黒須，1994，36-37頁；小林・桐山・安田・白井，1991，98頁；山本，1990，81頁）。ボディタイプが多様化するにつれ、作業者による指示では誤りが発生しやすくなる。ゆえにこの指示の自動化は、正確な生産指示のモデル多様化に対する柔軟性を高めたといえる。

38) ただし5代目プリンターはFC後2年目に前年の-20.0%を記録し、その後も前年の月間登録台数平均値を下回った。しかし3年目、4年目の同平均値は、それぞれ前年のそれから-0.4%、-4.0%であり、8代目の-26.2%、-23.0%に比べ落ち込みは相当小さかった。

39) モデルが短命化した状況について、2000年頃トヨタ第1生産技術部部长が次の発言をしている。「最近の自動車の販売を取り巻く状況は、要するに『モデルチェンジ効果』が持続できない市況です。

いろいろな車がラインオフし、最初は線香花火のように売れます。売れるということは、つまり当初計画以上にたくさん売りたいという願望があるわけです。しかし、すぐに売れ行きが低下し、平均するとラインオフ時の平均7、8割レベル、もっと落ちることもあります」（（株）ニューズダイジェスト社，2000，A-34頁）。

40) 鶴原（2001）、62-63頁。

41) 鶴原（2001）、62-63頁；福野（2009）、54-55頁。

なお1つの治具で車体部品を内側から保持するためには、各ボディ部品の精度向上が必要であった。

従来は外側から各ボディ部品を押し込むように治具を使用しなければ、それぞれの精度が不十分なため、部品同士を正確に位置決めできなかったという（福野，2009，55頁）。

また次の車体が当該工程に到達するまでにそれ用の治具を準備できるため、モデル過多となっていた1990年代後半の市場へ対応できたといえよう。前述の通りフェーズ2では治具の分だけモデルを流すことが可能であったが、フェーズ3では最大8モデルを流すことが可能であるという（福野，2009，55頁）。

42) 福野（2009）、54-55頁。

43) なおトヨタは2002年から2007年に年間約60万台のハイペースで海外生産を伸ばしたが、フェーズ3の車体組立工程はこの展開にも寄与したと考えられる。治具が車体の外側ではなく内側にあれば、作業による車体への接近、組立は、治具が邪魔にならないため容易である（鶴原，2001，63頁）。コスト上ロボット活用が困難な低労賃、小規模市場の地域でこれが活き、世界各地での生産拡大が加速されたといえる。

44) 無論治具のさらなる削減でこれらの柔軟性が一層高まるから、フェーズ3に改良余地がないわけではない。しかし柔軟性向上の方向が示され、一定の成果が得られた点にこのフェーズの意義があるだろう。

45) 複数モデルをコスト上工数差が許容される範囲で同一ラインに流すこと（佐武，1998，164-166頁）。

46) フロアにプレス部品を継ぎ足し、共通PFの寸法にバリエーションを付与するアイデア自体は、1970年代初頭には存在したが、それは実施されなかった（宇山，2018，32-34頁）。

47) 浜田・鶴原・林・山田・中山（1993）、40-41頁。

48) トヨタ第2デザイン部の田中明男は、初代ヴィッツの開発開始時期について訊かれた際に、次の回答をしている。「(19—引用者) 97年のフランクフルト・ショーでファンタイムというコンセプトカーを発表して、東京モーターショーにも出品した。あれがこのヴィッツの先駆けだったわけですが、その2〜3年前から先行研究的に開発が始まっていました」（千葉，1999a，24頁）。

49) 同表出所資料における次の記述による（両カッコつき数字は表4のそれに対応）（…は引用者による略）。(1) 2代目セリカは「先代と同じくカーナと共通のフロアユニットに…」(株)二玄社，2000，20頁)、セリカ・カムリは「…ボディシェルはカーナ4ドアセダンと共通であり、…」(株)二玄社，2004，47頁)、(2) コロナ・マークIIは「…クレストと基本的に同じクルマである」(同52頁)、初代クレストは「…新設されたビスタ店（80年4月1日オープン）向けに生まれたものであり、シャシーなど機構的にはコロナ・マークII／チェイサーと軌を一にしていた」(同58頁)、(3) 7代目コロナは「シャシーと足回りは…3代目セリカや、…3代目カーナを踏襲しており」(同42頁)、(4) カーナFFは「…ボディは…外板以外はコロナをそっくりそのまま流用していた」(同30頁)、(5) 「…カローラ・シリーズに、…カローラFXが加えられた。…フロアパンが基本的に共通である…」(同21頁)、(6) 「…マークII、そしてその兄弟車チェイサー／クレストは…4年振りにフルモデルチェンジされた」(同53頁)、マークII、3代目チェイサー、2代目クレストは「兄弟車とはいっても、ボディパネルは別個で、共用部品はドアぐらいのものであった」(同56頁)、マークII、3代目チェイサー、2代目クレストは「兄弟車とはいいながら、ボディパネルは全く別で、共用部品はドアぐらいのものであった」(同59頁)、(7) 「…セリカの下半身をまったく共用するコロナ・クーペとカーナEDを…」(同31頁)、「…セリカの4代目へのフルモデルチェンジとともに、ボディが全く異なる兄弟車としてカーナEDと、このコロナ・クーペとが同時に登場した」(同44頁)、(8) 「スプリンターは、カローラとともに87年5月、4年振りにフルモデルチェンジされた。…シエロは、…フロアパンやエンジンベイなど、モノコックの骨格部分は共通で、アウターパネルだけが異なっていた」(同24-25頁)、(9) 「…4年ぶりにフルモデルチェンジされ6代目となったカローラの2ボックス版であるFXも同時にモデルチェンジした」(同23頁)、(10) 「…4代目となったカーナは、もはや別の衣をまとうコロナそのままの姉妹車となり、フロアパ

- ンやサスペンションなどを共用していた」（同 32 頁）、(11)「マークⅡ／チェイサー／クレストの 3 兄弟は予定どおりちょうど 4 年のインターバルを経て 6 代目にフルモデルチェンジした」（同 54 頁）、(12) カリーナ ED は「…姉妹車のセリカ／コロナ・クーペ（新名称エクシヴ）と共に 89 年 9 月、フルモデルチェンジされた」（同 33 頁）、(13)「ビスタ／カムリとも 4 ドアセダンと 4 ドア・ピラードハードトップで構成。」（㈱二玄社，2009，62 頁）、「…カムリ／ビスタはフルモデルチェンジを受け…」（同 65 頁）、(14) サイノスはターセル／コルサ／カロラーⅡの「3 姉妹の下に生まれた末弟といったところだが、フロアパンは姉の 3 ドアハッチバックと共用する」（同 19 頁）、(15) スプリンター・トレノはスプリンターシリーズの 1 モデルであるが、7 代目スプリンターでは「セダン／クーペを含め 4 車 4 様のスタイリングを採り、共通する外板がない独自性を貫いた」（同 31 頁）。(16) 3 代目カロラー FX の「その成り立ちは、2465mm のホイールベースは等しく、（カロラー引用者）セダンのトランク部分を裁ち落として…2 ボックスボディの 2 ドア+ハッチバックとしたものだから、いうまでもなく機構はほぼ共通する」（同 28 頁）、(17) カローラ・セレスとスプリンター・マリノにおいて「もちろんプラットフォームは共用」（同 33 頁）、(18)「マークⅡ系三兄弟は揃って新世代へと生まれ変わった」（同 80 頁）、(19)「…4 代目ライトエース・ワゴンは、上級モデルと位置づけられてきて共通点も多いタウンエース・ワゴンに統合され、…真の兄弟車となった」（同 105 頁）、タウンエース・ワゴンは「1992 年 1 月には俗にいうビッグマイナーチェンジを施されて…ライトエース・ワゴンを統合しつつマスターエース・サーフを終了した」（同 106 頁）、(20) 6 代目セリカは「カリーナ ED/コロナ・エクシヴとプラットフォームを共有するハッチバッククーペ・バージョンで…」（同 51 頁）、(21)「…5 世代目に進んだターセル／コルサ／カロラーⅡ（これのみは 4 世代目）は…」（同 15 頁）、(22)「姉妹車ビスタとともに 1994 年 7 月にフルモデルチェンジを受けたカムリは、…」（同 66 頁）。
- 50) 当該部品が共通部品として指定されていれば、その変更により当該製品の開発が容易になるとしても変更できない。よって共通部品があることで開発パフォーマンスが低下する可能性はある（Fisher, J., Ramdas, K., Ulrich, K., 1999, p. 299 ; Ulrich, K., 1995, pp. 432-434）。
- 51) 延岡（1996）138-139 頁。
- 52) 『日経産業新聞』2000 年 2 月 4 日付。たとえば同社欧州開発拠点 EPOC（Toyota Europe Office of Creation）が、NBC シリーズ第 1 弾である初代ヴィッツのエクステリア開発を担当したが、その開発は本社の NBC シリーズとの関連の上で進められたと前述の田中明男が述べている（千葉，1999a，24 頁）。また同シリーズ第 2 弾のファンカーゴの開発に関して、同社第 2 デザイン部の牧野純久は次の発言をしている。「当初、先行開発がありました。NBC のフロアを使って車種を展開しようということで、いくつかの部署で動き始めた。（中略引用者）同じ頃、ヨーロッパのデザイン拠点である EPOC も NBC のコンセプトを研究していて、2BOX、トールワゴン（＝ファンカーゴのボディ形式引用者）、クーペという 3 つの柱で提案してきたわけです」（千葉，1999b，34 頁）。なおプラットフォームもファンカーゴと同時に市場投入されたため、NBC シリーズの第 2 弾は 2 モデルある。
- 53) WiLL CYPHA は WiLL ブランドの 3 モデル目であり、このモデルの前に WiLL VS が 2 モデル目として市場投入されている。しかし WiLL VS は初代ヴィッツの PF ではなく、カロラーフィールダー（9 代目カロラーのステーションワゴン）の PF が適用された（『日経産業新聞』2001 年 4 月 10 日付）。
- 54) だからこそ当初 PF 共通化は、同一車格に複数のモデルをもつ大規模自動車企業（トヨタ等）のみで実施された（浜田・鶴原・林・山田・中山，1993，38-39 頁）。
- 55) 1999 年から 2000 年における NBC5 モデルの担当工場をみると（下表参照）、高岡工場は WiLL Vi 以外の 4 モデルを手掛けている。寸法ごとに組立工場を分けず、幅広い PF を同一工場を組み立てていた。

表 NBCの担当工場(1999~2000年時点)

	初代ヴィッツ	プラッツ	ファンカーゴ	WiLL Vi	初代 bB
高岡工場	✓	✓	✓		✓
(株)豊田自動織機	✓				
セントラル自動車(株)				✓	

出所) トヨタ自動車(株)「トヨタ自動車 75 年史 もっといいクルマをつくろうよ 車両系統図」
(http://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/vehicle_lineage/family_tree/index.html) (2018 年 11 月 19 日閲覧) より作成。

56) 藤本 (2001) は組立を伴う製品では市場の多様化、変化に対し、部品の柔軟性向上 (部品共通化) または工程の柔軟性向上で、品質、コスト、リードタイムの悪化を防止できるとした (315-316, 342-343 頁)。そしてトヨタを含む日本自動車企業は 1980 年代に工程の柔軟性を発揮したが、1990 年代後半に入ると部品の柔軟性 (典型的には PF 共通化) の不足に気づき、それを向上させたと論じた (343 頁)。

参考文献

- 稲垣荘司 (1991) 「写真にみる産業用ロボット変遷史 (2)」『自動化技術』第 23 巻第 9 号、92-96 頁。
 —— (2000) 「産業用ロボット技術の歩み」『日本ロボット学会誌』第 18 巻第 4 号、2-5 頁。
 宇山通 (2010) 「エンジン加工ラインの展開と今後の可能性 —— トヨタを事例とした分析 ——」『工業経営研究』第 24 号、206-218 頁。
 —— (2018) 「1970 年代初頭における部品共通化の到達点 —— 自動車部品共通化の発展段階解明に向けた一考察 ——」『経営学論集』(九州産業大学) 第 28 巻第 3 号、25-58 頁。
 (株) エス・ティー・シー (2002) 『産業技術記念館』総合案内 (第 3 版)』産業技術記念館。
 荻野峯雄 (1995) 「自動車産業の国際化への課題 (国際化時代の渦中において)」『溶接学会誌』第 64 巻第 1 号、50-54 頁。
 楠田喜宏 (1995) 「侃侃諤諤 ヒューマン・オートメーション第 8 回産業用ロボットの神話と実像 <2>」『オートメーション』第 40 巻第 6 号、73-80 頁。
 久保鉄男 (2009) 『ビッグスリー崩壊』(株) フォーイン。
 黒須則明 (1994) 「自動車産業における CIM」『溶接学会誌』第 63 巻第 1 号、33-40 頁。
 小島利夫 (1983) 「産業用ロボットの動向」『工業技術』第 24 巻第 11 号、32-36 頁。
 小西信也・高岸春嘉 (1980) 「車体組立」自動車工学全書編集委員会 (編) 『自動車工学全書全 26 冊 19 巻 自動車の製造法』(株) 山海堂、163-190 頁。
 小林五郎・桐山悟・安田典男・白井雅人 (1991) 「ボデーラインにおける情報・制御システムの開発」『自動車技術』第 45 巻第 1 号、94-101 頁。
 小林敏郎 (1969) 「分割組立方式によるボデーの自動組立」『オートメーション』第 14 巻第 10 号、16-23 頁。
 駒木根良夫・岩崎誠夫・林義道 (1971) 「トヨタカーナ・セリカ (TA10・TA20 系) の車体加工設備」『トヨタ技術』第 22 巻第 3 号、103-108 頁。
 小松史朗 (2005) 「トヨタ生産方式と技術・技能・フレキシビリティ」『日本経営学会誌』第 15 号、53-68 頁。
 近藤正恒 (2010) 「溶接・接合技術の適用 (自動車)」『溶接学会誌』第 79 巻第 8 号、42-51 頁。

- 西海郁夫（1991）「トヨタ自動車のフレキシブルボデーライン」『工場管理』第37巻第8号、60-64頁。
- 佐伯裕史（1985）「ロボットシミュレータの開発活発に 生産ラインを止めずにティーチング」『日経メカニカル』第187号、58-64頁。
- 佐武弘章（1998）『トヨタ生産方式の生成・発展・変容』（株）東洋経済新報社。
- GP 企画センター（編）（2016）『増補二訂 自動車用語辞典』（株）グランプリ出版。
- （公財）自動車技術会（2016）『自動車技術ハンドブック 生産・品質編＜第10分冊＞』（公財）自動車技術会。
- 篠原司（1992）「少量生産だから100%自動化 AZ-1の車体溶接ライン」『日経メカニカル』第390号、38-44頁。
- 柴田洋一（1989）「溶接技術この10年の歩みと今後の展望 自動車」『溶接技術』第37巻第11号、83-86頁。
- 島武博和（1980）「溶接」自動車工学全書編集委員会（編）『自動車工学全書全26冊19巻自動車の製造法』（株）山海堂、149-162頁。
- 鈴木良始（1994）『日本の生産システムと企業社会』北海道大学図書刊行会。
- 高橋光夫・近藤潤・築比地隆（1981）「富士重工・車体溶接工場での自動化の現状と課題」『工場管理』第27巻第4号、37-45頁。
- 武岡義彦（1981）「スポット溶接の40~50%をロボット化 組み立てロボットの独自開発に踏み切るメーカーも」『日経メカニカル』第87号、127-135頁。
- 千葉匠（1999a）「デザイン・インタビュー トヨタの新たな挑戦」『モーターファン別冊 ニューモデル速報第242弾 トヨタ・ヴィッツのすべて』（株）三栄書房、24-31頁。
- （1999b）「デザイン・インタビュー ハコを超えて楽しいデザイン！」『モーターファン別冊 ニューモデル速報第251弾 トヨタ・ファンカーゴのすべて』（株）三栄書房、34-41頁。
- 鶴原吉郎（2001）「トヨタ自動車、治具を車体の内側に置いて溶接 新ラインに展開、新車種投資を70%減」『日経メカニカル』第567号、62-63頁。
- 飛田英明・新井益治・柴田洋一・牟田弘文（1991）「自動車ボデーのフレキシブル溶接組付システムの開発」『自動車技術』第45巻第1号、87-93頁。
- トヨタ自動車（株）（1987）『創造限りなく トヨタ自動車50年史』トヨタ自動車（株）。
- （2013）『トヨタ自動車75年史 もっといいクルマをつくろうよ 資料編』トヨタ自動車（株）。
- 中根増夫（1981）「車体組立ラインにおける混流生産方式」『工場管理』第27巻第7号、59-64頁。
- （株）二玄社（2000）『別冊CG 自動車アーカイヴ Vol.5 70年代の日本車篇』（株）二玄社。
- （2004）『別冊CG 自動車アーカイヴ Vol.11 80年代の日本車篇』（株）二玄社。
- （2009）『別冊CG 自動車アーカイヴ Vol.18 90年代の日本車篇①』（株）二玄社。
- （株）ニュースダイジェスト社（2000）「講演抄録／トヨタ自動車第1生技部長・井川正治氏 環境激変、対応速度をどう高めるか」『生産財マーケティング』第37巻第1号、A-32-36頁。
- 延岡健太郎（1996）『マルチプロジェクト戦略』（株）有斐閣。
- 野村正實（1993）『トヨティズム 日本型生産システムの成熟と変容』（株）ミネルヴァ書房。
- 浜田基彦・鶴原吉郎・林達彦・山田剛良・中山力（1993）「図面データベースを整備し部品を共通化・標準化」『日経メカニカル』第401号、38-49頁。
- 原口英紀（1991）「トヨタのボディ溶接システム 治具バレット循環方式を採用」『日経メカニカル』第354号、50-60頁。
- 福留信夫・竹内英世（1992）「自動車産業における脱技能化の展開」『溶接学会誌』第61巻第1号、48-52

頁。

福野礼一郎 (2009) 『別冊 CG クルマはかくして作られる 3』 (株) 二玄社。

藤本隆宏 (2001) 『マネジメント・テキスト 生産マネジメント入門 [I] —— 生産システム編 ——』
(株) 日本経済新聞出版社。

—— (2003) 『能力構築競争』 (株) 中央公論新社。

細川武志 (2003) 『クルマのメカ&仕組み図鑑』 (株) グランプリ出版。

前澤義雄 (1994) 『オプションスペシャル⑧ 激白 新車開発の 9000 時間』 (株) 三栄書房。

牧野茂雄 (2012) 「溶接『スポット溶接』」 『Motor Fan illustrated』 第 73 巻、44-45 頁。

森正紀 (1982) 「工業設備の新時代 —— 産業用ロボットと労働問題 ——」 『商學論叢』 (福岡大学) 第 26
巻第 3・4 号、219-244 頁。

門田安弘 (1991) 『新トヨタシステム』 (株) 講談社。

山本行雄 (1990) 「トヨタ自動車の自律分散型新生産システム —— 新 ALC と FA/CIM 戦略-上 ——」
『オートメーション』 第 35 巻第 8 号、77-82 頁。

溶接学会編集委員会編 (1971) 「日本における溶接の展望 (1970-1~12) 自動車」 『溶接学会誌』 第 40 巻
第 5 号、79-84 頁。

—— (1972) 「日本における溶接の展望 (1971-1~12) 自動車」 『溶接学会誌』 第 41 巻第 5 号、87-89
頁。

吉田英一・中尾英夫 (1975) 「自動車車体工場におけるスポット溶接部の品質保証とその問題点」 『溶接学
会誌』 第 44 巻第 11 号、21-28 頁。

吉田豊明 (1981) 「いんたびゅう 協立エンジニアリング代表取締役 木上進氏 台数の急上昇前に産業
用ロボットの位置付け見直すとき」 『日経メカニカル』 第 101 号、22-23 頁。

和田一夫 (2009) 『ものづくりの寓話』 (株) 名古屋大学出版会。

Fisher, J., Ramdas, K., Ulrich, K. (1999) "Component Sharing in the Management of Product Vari-
ety: A Study of Automotive Braking Systems", *Management Science*, Vol. 45 No. 3, pp. 297-315.

MacDuffie J. P., Pil F. K. (1997) "From Fixed to Flexible: Automation and Work Organization Trends
from the International Assembly Plant Study", Shimokawa K., Jürgens U., Fujimoto T. (eds)
Transforming Automobile Assembly, pp. 238-254, Springer, Berlin, Heidelberg.

Motor Stuttgart GmbH (2005) *Auto Katalog 2006*, Motor Stuttgart GmbH.

Ulrich, K. (1995) "The role of product architecture in the manufacturing firm", *Research Policy*,
Vol. 24, pp. 419-440.

Womack, J. P., Jones, D. T. and Roos, D. (1990) *The Machine that Changed the World*, Rawson
Associates. (沢田博 (訳) (1990) 『リーン生産方式が、世界の自動車産業をこう変える。最強の日本
車メーカーを欧米が追い越す日』 (株) 経済界。)

Impact of Flexible Production Processes on the Advancement of Component Standardization: Case Study of the Relationship between Flexible Body Assembly Manufacturing Processes and Communization of Body Parts at Toyota

Michiru Uyama

Summary

In 1970, Toyota launched the first Carina and Celica models, each with a different appearance yet sharing a fully equal-sized platform.

The reason for this is that, at that time, a specialized machine was used to assemble platforms, resulting in only one platform type.

However, Toyota later reduced the special-purpose properties of its automotive body assembly process. So, what impact did the flexibility of automotive body assembly processes have on platform commonality? Previous research has studied both as separate points. However, there is a need to discuss the relationship between them. Therefore, this paper clarifies the relationship between process flexibility and parts commonality in Toyota's automobile manufacturing processes.