

第5回：製品と生産システムの歴史： 自動車を中心に(1)

1. 自動車産業の特徴
2. 初期の自動車と生産システム
3. 黎明期の日本自動車産業
4. 製品・工程ライフサイクル仮説

東京大学経済学部

藤本隆宏

1. 自動車産業の特徴

製品としての自動車の特徴

高額な耐久消費財(乗用車)

複合的な機能を要求される

個人制御の輸送手段;自己表現の手段;「おもちゃ」機能;住宅代替機能

社会財: 交通事故、燃料消費、排気ガス、騒音、廃車問題

複雑なメカ製品: 部品点数2~3万点。膨大な裾野を持つ。

材料は依然として鋼鉄が中心。

クローズド・インテグラル・アーキテクチャ: 部品の相互最適設計を必要とする。

乗用車はガソリン内燃機関が基本: 電気自動車はまだ少数

自動車産業の特徴

20世紀を代表する巨大産業

世界で活躍する自動車メーカーは20～30社で近年は安定。

寡占的だが競争も激しい。とくに「能力構築競争」

国の威信をかけた産業:いざとなると「国家資本」的な顔も

競争・協調・紛争の複雑なゲーム

既存企業をひっくり返すような大革命は近年なく、累積的進化が基本

地道な「産業マラソン」が続く。

日本経済に占める自動車産業の位置づけ

項目	位置づけ
従業者数	従業者数の1割
主要製造業の生産額	生産額の1割
小売業年間販売高	小売額の1割
年間輸出額	輸出額の1割(四輪車)
主要製造業の設備投資額	設備投資額の2割
製造業の研究開発費	研究開発費の1割
租税収入	自動車関係諸税は租税収入の1割
国内旅客輸送分担率	国内旅客の3分の2
国内貨物輸送分担率	国内貨物の5割

自動車の世界生産シェア： 欧州→アメリカ→米欧日

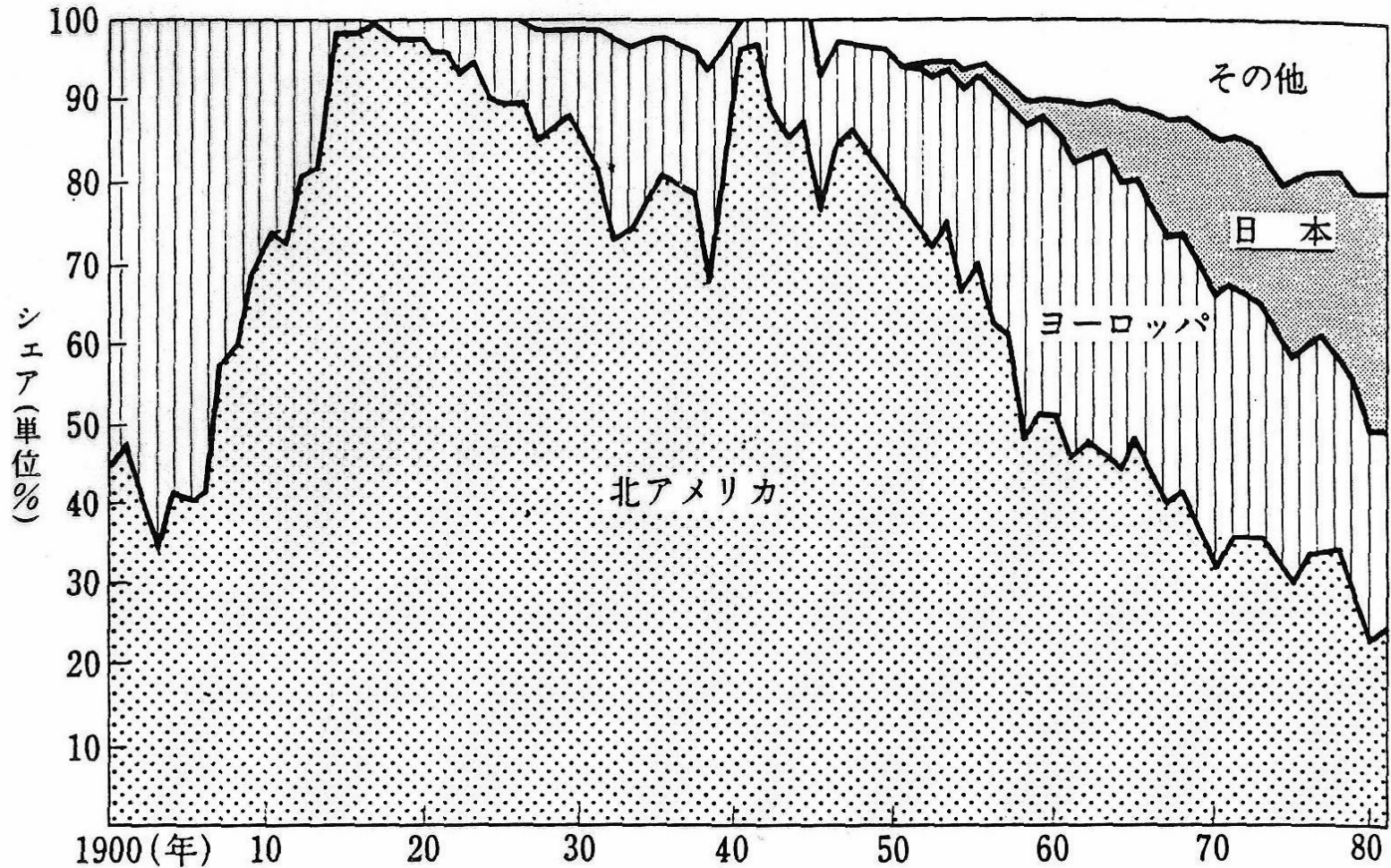


図 2-1 地域別自動車生産シェア (1900~80年)

(MIT, 「自動車の将来」)

注：自動車産業の初期については乗用車だけのデータがないので、この図のデータは乗用車・トラック・バスすべてを含む。

出典：World Motor Vehicle Data Book, 1983 edition, Detroit: MVMA, 1983から計算。

2. 初期の自動車と生産システム

ガソリンエンジンの自動車はドイツから(1886年のダイムラー・ベンツ)

19世紀の「自動車大国」はフランス

電気自動車・蒸気自動車との競争(本命はわからず)

少量生産時代の自動車メーカー： ベンツ, P&L, プジョー

Automobile Production, 1891-1895

	1891	1892	1893	1894	1895
Benz	(7)	(12)	(45)	67	135
P&L	6	16	37	39	72
Peugeot	4	29	24	40	72

Sources:

Benz--Siebertz, Karl Benz, pp. 170-72, and the author's estimates in parentheses;

P&L--company archives; Peugeot--company archives.

Bardou, Chanaron, Fridenson & Laux "The Automobile Revolution"

初期の自動車作り

大きな部品メーカー、小さな組立メーカー

汎用部品を寄せ集めて、少量を組み立てる粗野なオープン・アーキテクチャ

コンベア式の組立ラインを使わず、定置で組立。

クルマの本体を置いて、そこに部品を持ってくる

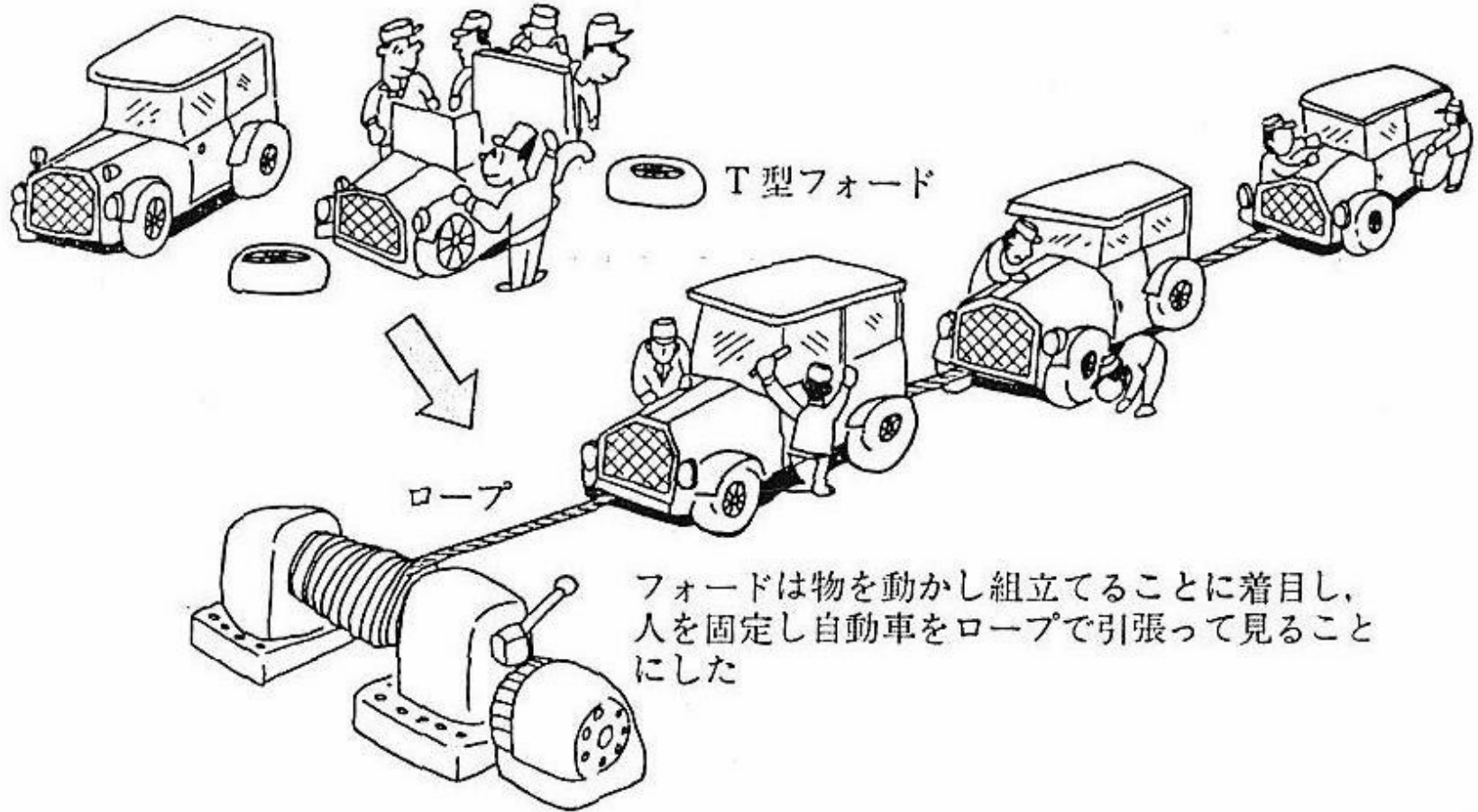
(現在でもボルボなど一部で実験されている)

柔軟。だが生産性の低い職場

米国では多数の群小メーカーが登場 → その後、淘汰された

定置組立から「流れ作業」へ： フォード生産方式

それまでは物を固定し、人が動くジプシー生産方式であった
(黒山のように人がたかって1台の自動車を組み立てていた)



フォードの1個流し誕生の図

1886

DAIMLER MOTOR CARRIAGE

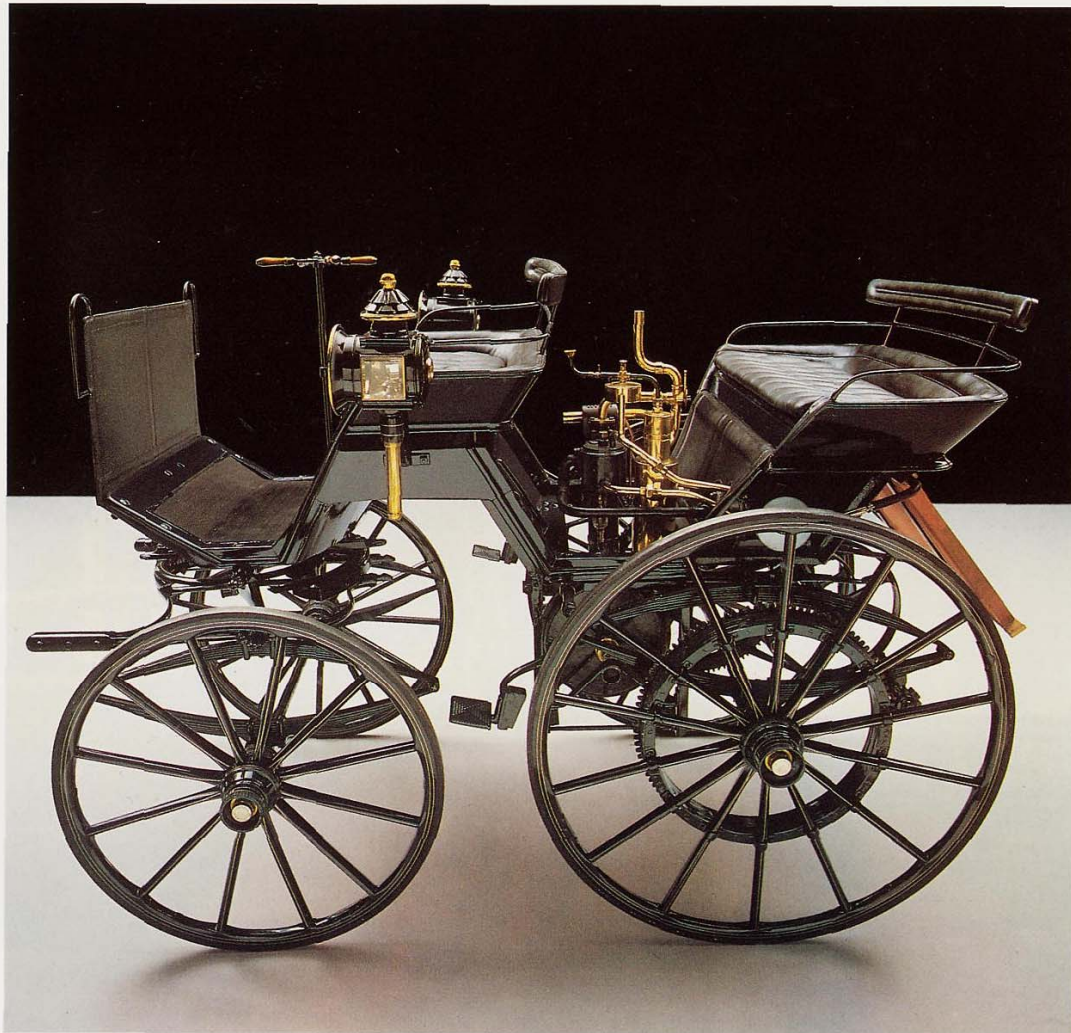
ダイムラー車の歴史 1886年＝ガソリン車の発明

1 cylinder
Bore: 70 mm, Stroke: 120 mm
Displacement: 462 cc
Output at 700 rpm:
0.8 kW (1.1 hp)
Top speed: 16 km/h

This vehicle – a carriage without horses, propelled by an invisible energy source – marked the beginning of a revolution in transport. The power came from the new small engine developed by Gottlieb Daimler and Wilhelm Maybach. Following the motorcycle and a motorboat, the motorization of the carriage provided further proof of the versatility of this invention.



Daimler motor carriage with G. Daimler in the rear and his son Adolf at the wheel



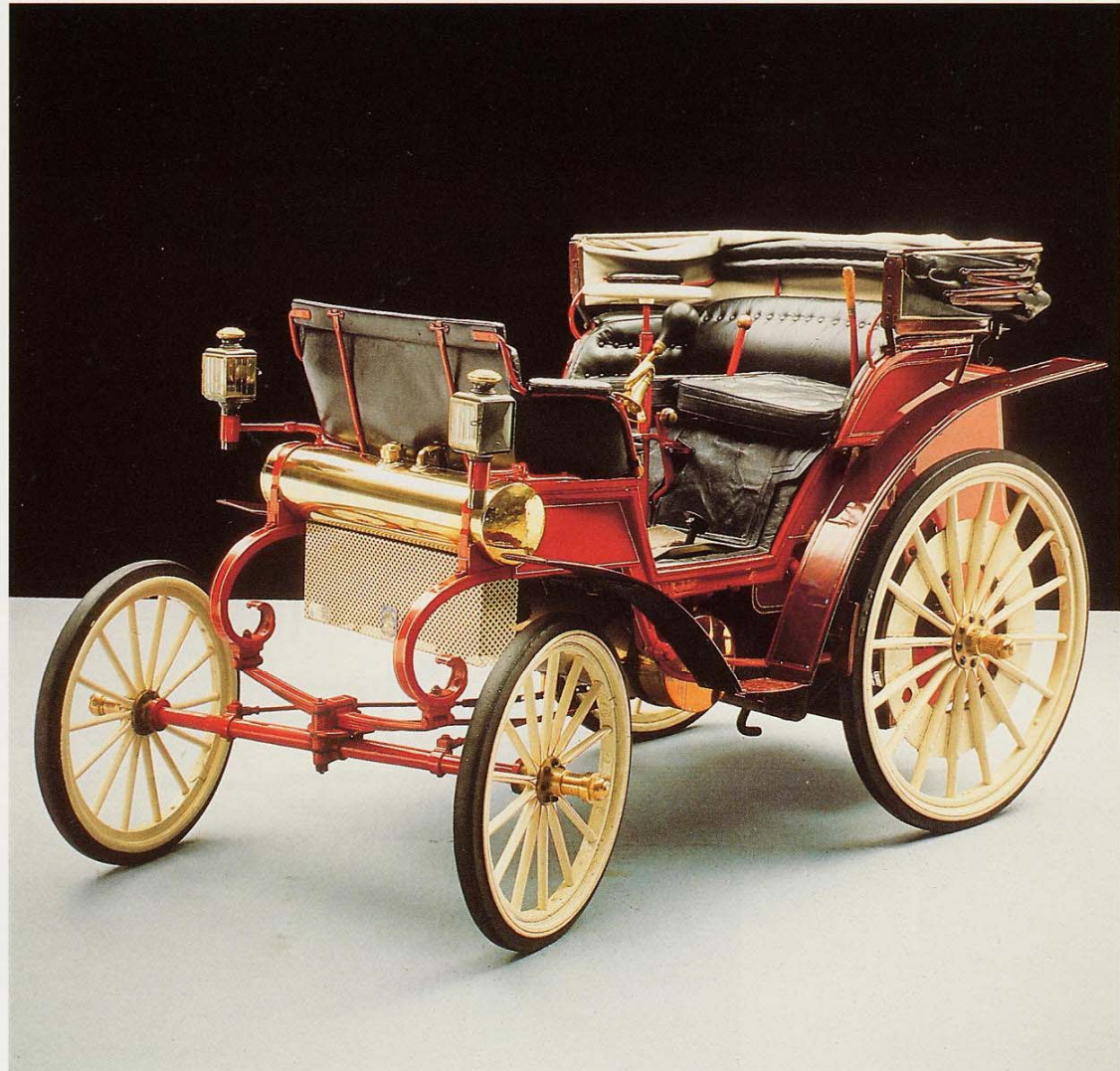
1894

DAIMLER BELT-DRIVEN CAR

ダイムラー車の歴史:「馬なし馬車の時代」

2 cylinders
Bore: 67 mm, Stroke: 108 mm
Displacement: 762 cc
Output at 700 rpm:
1.8 kW (2.5 hp)
Top speed: 20 km/h

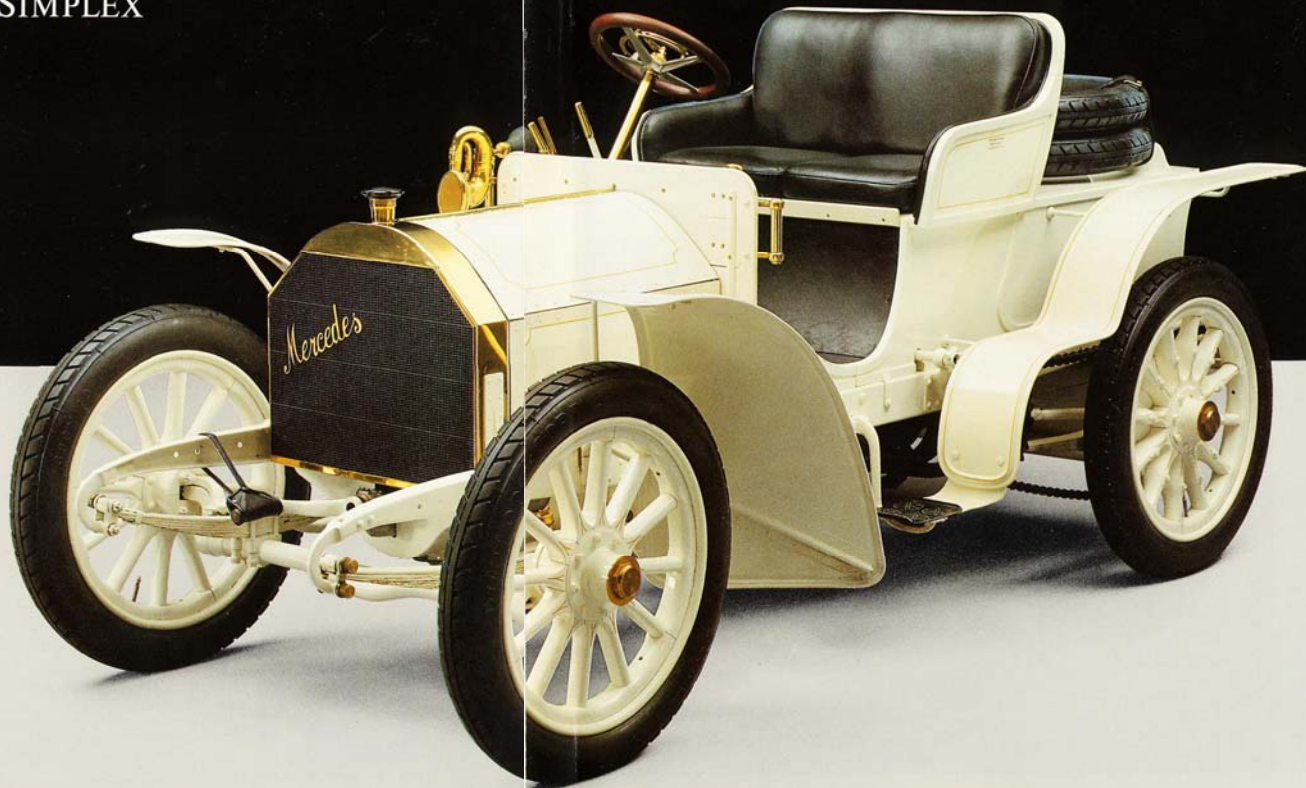
The engine of the “belt-driven car” was connected to the rear wheels by a 4-speed belt transmission, which permitted smooth gear-changing.



1902

ダイムラー車の歴史:P & L方式(エンジンは前へ)

MERCEDES SIMPLEX



25

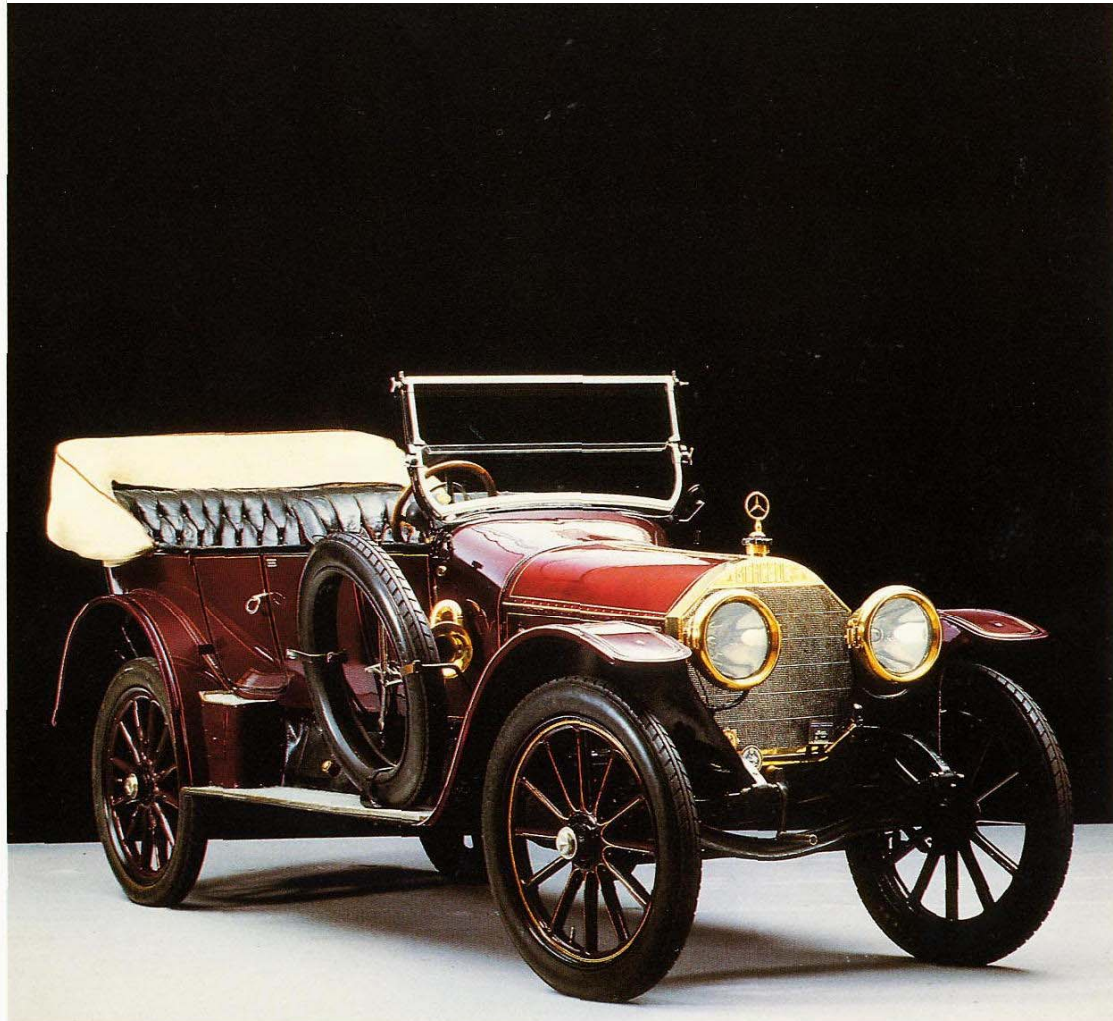
シンプレックス

1910
1910

MERCEDES 22/40 HP TOURER

4 cylinders
Bore: 110 mm, Stroke: 148 mm
Displacement: 5626 cc
Output at 1230 rpm:
29 kW (40 hp)
Top speed: 80 km/h

ダイムラー車の歴史： T型フォード時代



1 1929

MERCEDES-BENZ 460
“NÜRBURG”, 18/80 HP
SALOON

8 cylinders
Bore: 80 mm, Stroke: 115 mm
Displacement: 4624 cc
Output at 3200 rpm:
59 kW (80 hp)
Top speed: 100 km/h

ダイムラー車の歴史：密閉式鋼鉄ボディへ

The “Nürburg” was the first Daimler-Benz apart from the racing cars with an in-line eight-cylinder engine under the bonnet. The name recalls the memorable occasion when one of these models was driven 20,000 km in thirteen days on the Nürburgring.



1955

1955

MERCEDES-BENZ 180
SALOON

4 cylinders
Bore: 75 mm, Stroke: 100 mm
Displacement: 1767 cc
Output at 4000 rpm:
38 kW (52 hp)
Top speed: 126 km/h

The first Mercedes with the modern three-box body appeared in 1953. This year marked a watershed between traditional and modern designs. The 180 has all the typical features of the self-stabilising body, clearly divided into engine compartment, passenger cell and luggage compartment. This was the first vehicle to embody the safety bodywork patented by Daimler-Benz in 1951, comprising a rigid passenger cell and "crumple zones" front and rear.

The integration of the wings in the body also meant that the passenger compartment and boot could be considerably enlarged, as well as giving the driver a better view of the corners of the vehicle and lowering drag. For these reasons, the new design quickly became popular with customers.

1955

ダイムラー車の歴史： 現代の自動車へ



初期の自動車技術

電気自動車・蒸気自動車との競争(本命はわからず)

自転車・馬車の技術の影響(「馬なし馬車」といわれた)

自動車進化の転機となったP&L(パナール・ルバツソール)方式

ガソリン自動車の勝利(1900年前後)

自動車技術のイノベーションは最初の30年に集中

アメリカでも群小自動車メーカーが乱立

T型フォードの登場(フォード生産方式)

GMのフレキシブル大量生産方式

画期的な製品イノベーションは、ライフサイクル初期に集中する

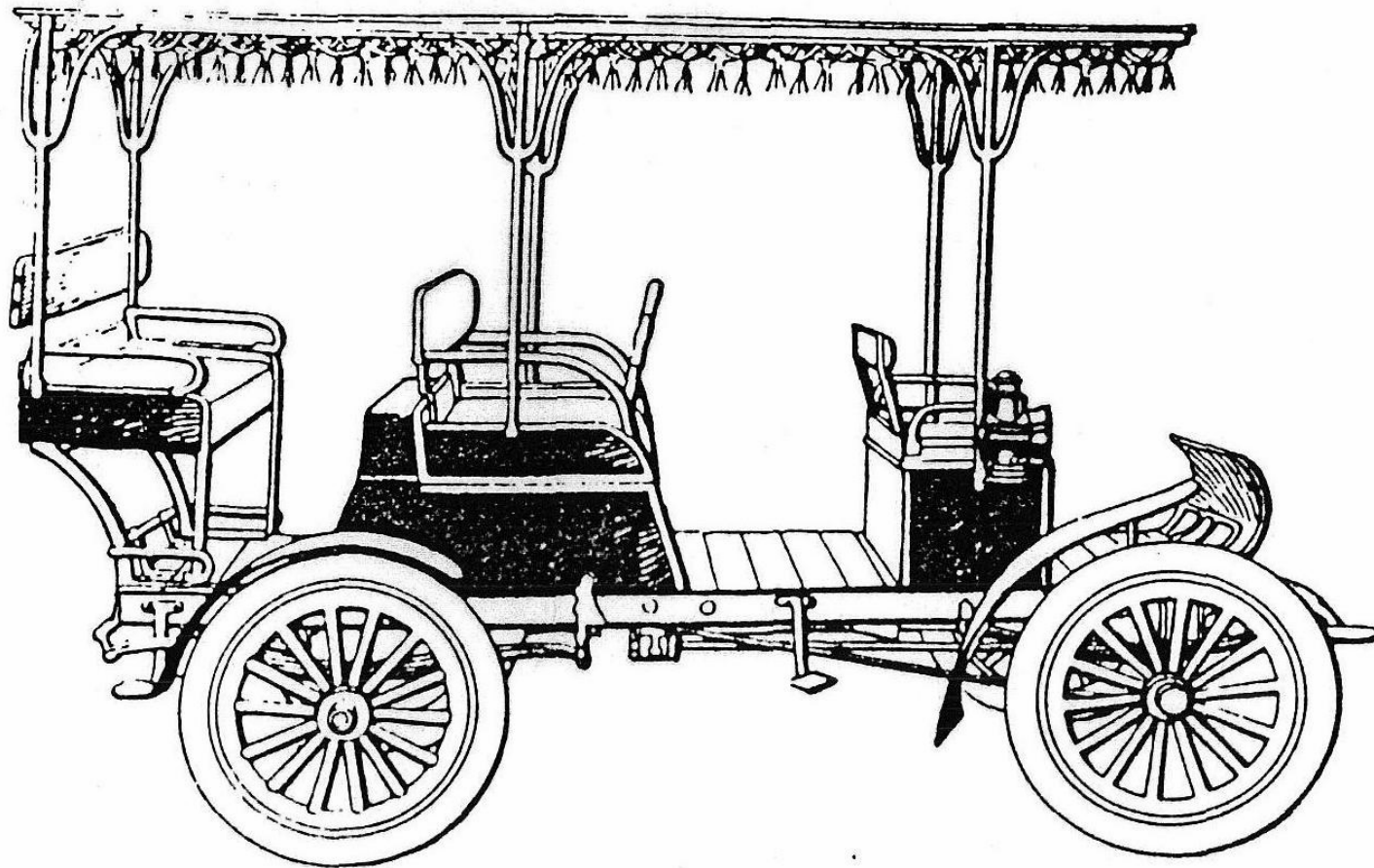
表3.1 自動車産業の創成期からの技術の変遷 (抜粋)

西暦	項目
1771	キュニョーの蒸気自動車 (フランス)
1803	トレビシックが蒸気自動車を完成 (イギリス)
1818	アッカーマンが左右独立ステアリング機構を考案 (イギリス)
1825	デフ (差動装置) の発明 (ペクルール=フランス)
1828	蒸気自動車による定期運行が始まる (イギリス)
1831	コイルの原理 (点火系のメカニズム) の発見 (フランス)
1832	3段変速機の特許を取得 (W.H.ジェイムス=イギリス)
1842	ゴムタイヤができる (グッドイヤー=アメリカ)
1853	コンタクト・ポイントの原理 (点火系のメカニズム) の発見 (フランス)
1861	速度制限が設けられた (イギリス)
1865	赤旗令 (イギリス) (速度制限は市内で3.2キロ、田舎で6.4キロ)
1876	4サイクルエンジン (内燃機関) の実用化 (オットー=ドイツ) : 都市ガス燃料
1885	気化器を用いたガソリンエンジンを開発 (ダイムラー)
1886	ガソリンエンジン四輪車開発 (ダイムラー)
1888	空気入りゴムタイヤを発明 (ダンロップ=イギリス)
1891	ラック&ピニオンのステアリングを発明 (ベンツ=ドイツ)
1891	フロントに縦置きエンジンを置く、現代的なレイアウトの自動車の出現 (パーナル・エ・ルバツソール=フランス)
1892	ディーゼルエンジンの理論を発表 (ディーゼル=ドイツ)
1894	円形ハンドルを考案 (バシェロン)
1895	低圧マグネト=発明 (ボッシュ=ドイツ)
1896	解放令 (イギリス) により、3トン以下の車は速度制限19キロに
1898	3速プリセレクト式変速機 (ランチェスター=イギリス)
1898	この頃からアセチレンガスによる前照灯が用いられる
1898	プロペラシャフトとベベルギアによる駆動方式の開発 (ルノー=フランス)
1899	独立懸架方式 (ド・ディオーン=フランス)
1899	アクセルペダルが採用される (ダイムラー)
1900	トーマス・エジソン、電気自動車の改良を行う
1901	メルセデス35馬力車 (ドイツ) : 現代に通じるメカニズムを備える
1901	スピードメーターの採用 (オールズモビル=アメリカ)
1902	8気筒エンジン試作 (フランス)
1903	バーバー式油圧作動のギアボックス (イギリス)
1903	自動車法 (イギリス)
1903	フルタイム4WD (レーシングカー) を製作 (スパイカー=オランダ)
1903	ショック・アブソーバ (オールズモビル)
1904	圧縮空気によるエア・ブレーキ (フィッシャー=アメリカ)
1905	バンパーを装備 (オールズモビル)
1905	オートモビル・アソシエーション (AA) 発足 (イギリス)
1905	V8エンジンを試作 (ロールスロイス=イギリス)
1906	アメリカ大統領乗用車に蒸気自動車採用
1906	日本初の自動車税 (明治39年)

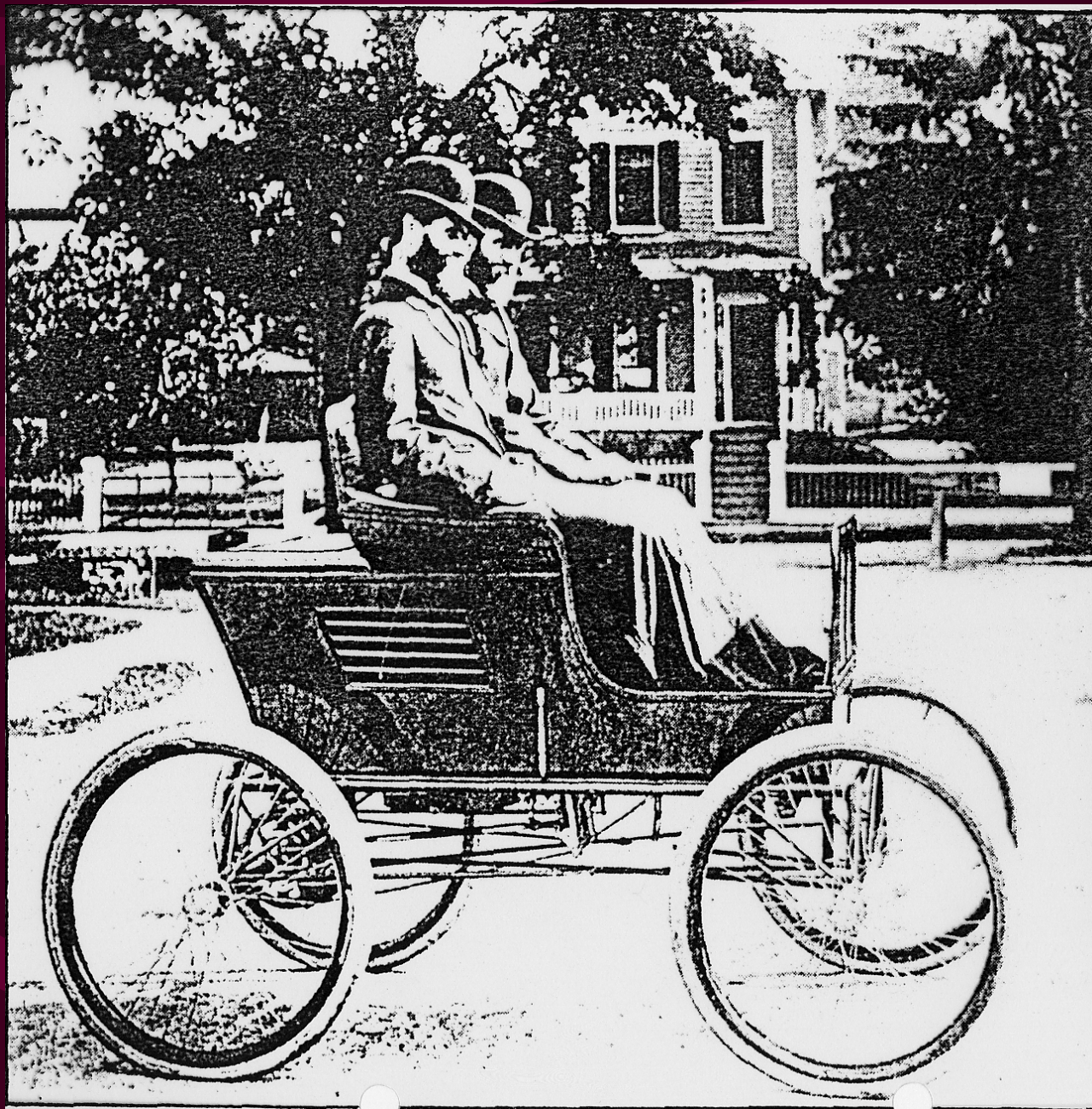


西暦	項目
1908	ボルト締めホイール (サンキー=イギリス)
1908	電気式ヘッドランプ (イギリス)
1909	四輪にブレーキを標準装備 (イギリス)
1910	トップ (幌) とウインドウシールド (防風ガラス) (アメリカ)
1912	電気式スターターとライトを標準装備 (キャデラック、デルコ=アメリカ)
1912	水温計 (ボイス・モトメーター=アメリカ)
1913	室内のキックスターター (イギリス)
1914	この頃からバックミラーがつく
1914	下向きの照射ができるヘッドライト (キャデラック)
1916	手動式ワイパーをつける (アメリカ)
1916	足踏み式のパーキングブレーキ (アメリカ)
1918	オールスチールボディの車登場 (ダッジ=アメリカ)
1919	メカニカル式サーボ (機械式倍力装置) 付きブレーキの採用 (イスパノ・スイザ=フランス)
1919	世界初の交通信号灯
1920	四輪油圧ブレーキの採用 (デューゼンバーク=アメリカ)
1920	電気式ホーン開発 (ボッシュ=ドイツ)
1922	電動式ワイパー (トリコ=アメリカ)
1926	ワイヤー入り強化ガラス (スタッツ=アメリカ)
1926	セルロイドをサンドイッチにした安全ガラス (リッケンバッカー=アメリカ)
1926	矢印式の方向指示器 (タルボット=イギリス)
1926	油圧の警告灯 (タルボット=イギリス)
1926	ラジエーターの温水を使うヒーターが登場
1926	3速ギアボックスH形シフトパターンを採用 (ビュイック、ダッジ)
1927	シンクロメッシュ変速機 (キャデラック)
1928	フォグランプが発売された (イギリス)
1930	バキュームサーボ (真空倍力装置) 付きブレーキを採用 (キャデラック)
1931	オールシンクロメッシュ変速機 (ドイツ)
1932	3色 (赤黄緑) 方向指示器をつける (モーリス=イギリス)
1933	三角窓による通風 (GM)
1933	ウィッシュボーン/コイルスプリングの前輪独立懸架方式 (キャデラック)
1935	世界初のパーキングメーター
1938	初の自動車専用ディスクブレーキ
1938	乗用車用エアコン (ナッシュ=アメリカ)
1938	コラムチェンジのシフトレバー (アメリカ)
1938	点滅式方向指示灯 (ビュイック=アメリカ)
1940	最初の現代的自動変速機 (アメリカ) : GMのハイドラマチック
1946	パワーウインドウ/パワーシート (バックード=アメリカ)
1951	フル・パワーステアリング (アメリカ)
1960	初の交流発電機 (アメリカ)

アメリカ初期の自動車(デュレイア) 多数の群小メーカーが勃興



Stanley Steamer 1897 ... 当時は蒸気自動車も活躍

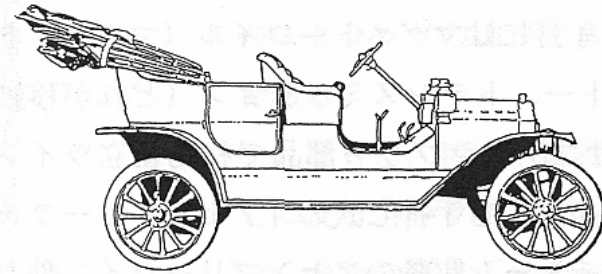


T型フォード

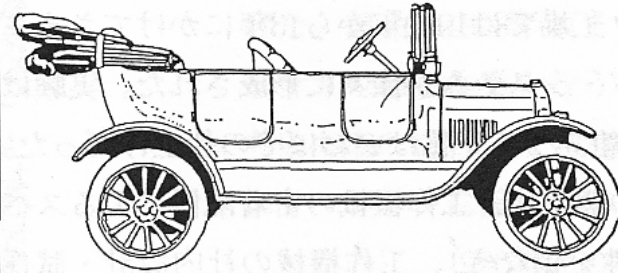
20年間1500万台

車台の設計はほとんど変わらず

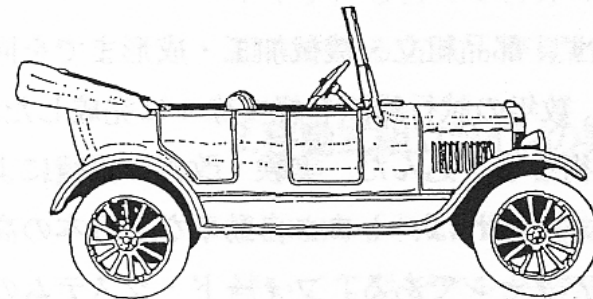
(しかし、ボディはかなり変化した)



1908年



1917年



1923年



フォードとシボレー

最終的に

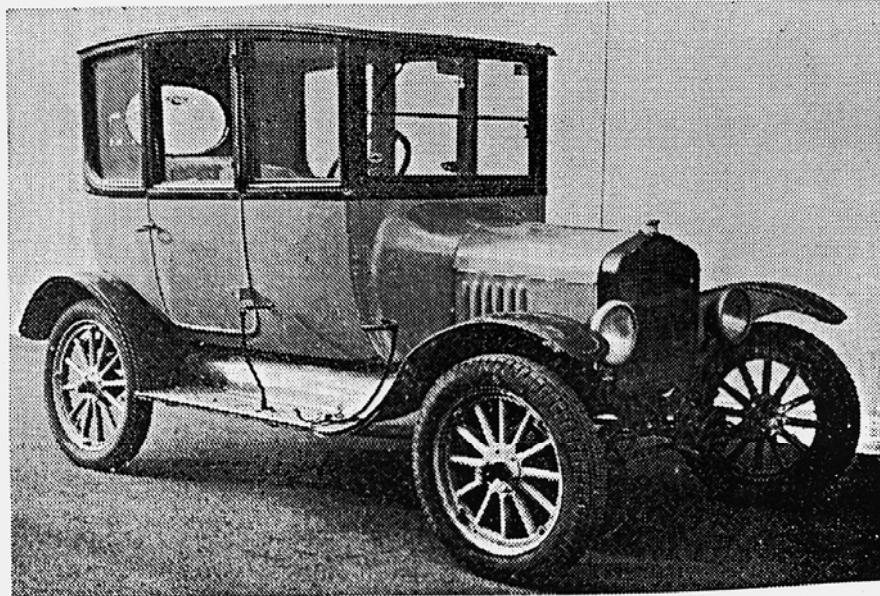
T型から首位の座を奪ったのは、

「フレキシブル大量生産」と

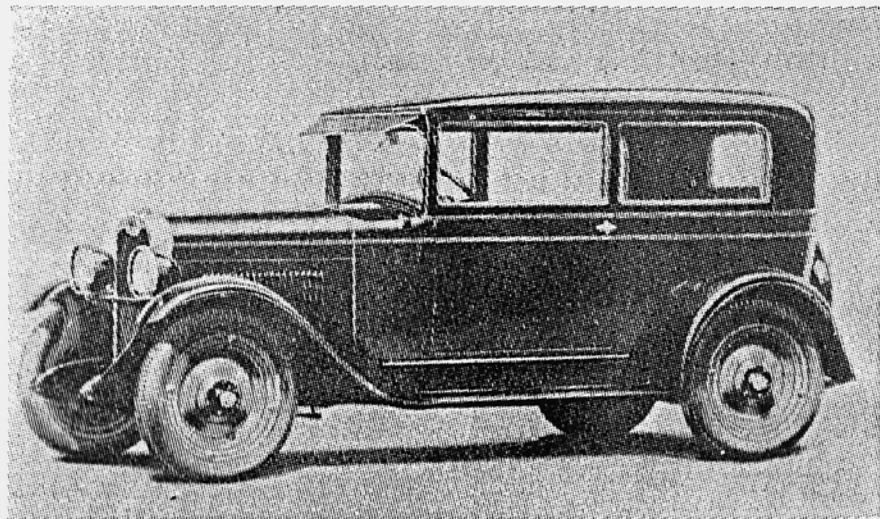
鋼製密閉ボディの

GM・シボレーだった

(1927年)



1920年 T型フォード・センター・ドア・セダン



T型フォードから首位の座を奪った 1927年シボレー・2ドア
(出典：自動車工業振興会)

初期のフォードシステムとGMシステム(フレキシブル大量生産)の比較

	初期のフォードシステム (T型フォード時代)	GMのスローン式 (フレキシブル大量生産システム)
マイナー・チェンジ 対応力	あり(T型の車台を変えずに 車体や部品技術を更新)	あり(車台を変えずに 毎年のモデルチェンジ)
メジャー・チェンジ 対応力	低い(T型からA型への切替に 1年近くかかった)	やや高い(4気筒エンジンから 6気筒への切替を2週間で)
工作機械	専用機(T型社専用)	汎用性あり
工程レイアウト	製品別(機械を極端に密集配置に)	製品別(フォードと基本的に同じ)
垂直統合度	極端な垂直統合(ルージュ工場)	部品外注比率は相対的には高い
製品開発能力	やや弱い。過去のデータに依存し すぎ。パイロット生産を省略して 初期生産で混乱。	比較的強い。デザイン部門を強化。 計画的モデルチェンジによる製品 改良に対する体制は整っている。

3. 黎明期の日本自動車産業

1910年代:「町のメカニック」による試作の域を出ず

1923年: 関東大震災を契機に自動車市場が形成される

1925~35年: **フォードとGM**は日本に組立工場を持ち日本市場を席卷

1936年:「**自動製造事業法**」で外国メーカー追い出し → **トヨタ、日産らの時代に**

「ローコストビークル」としての三輪車も活躍(戦前から1960年代)

1950年: 年間生産台数5万台。トヨタ労働争議。

1950年代:「**量産なき競争力強化**」の時代

1960年代: **国内市場**が牽引、**量産工場**建設

1970年代: **輸出**が拡大

1980年代: **海外生産**が拡大

1990年: 年間生産台数1350万台。この間、継続成長。これが**ピーク**。

1990年代: 1000万台前後で**変動**。量に頼らずにコスト競争力を強化

黎明期：自動車はお金持ちの趣味の域を出なかった



第五部 自動車の利用普及

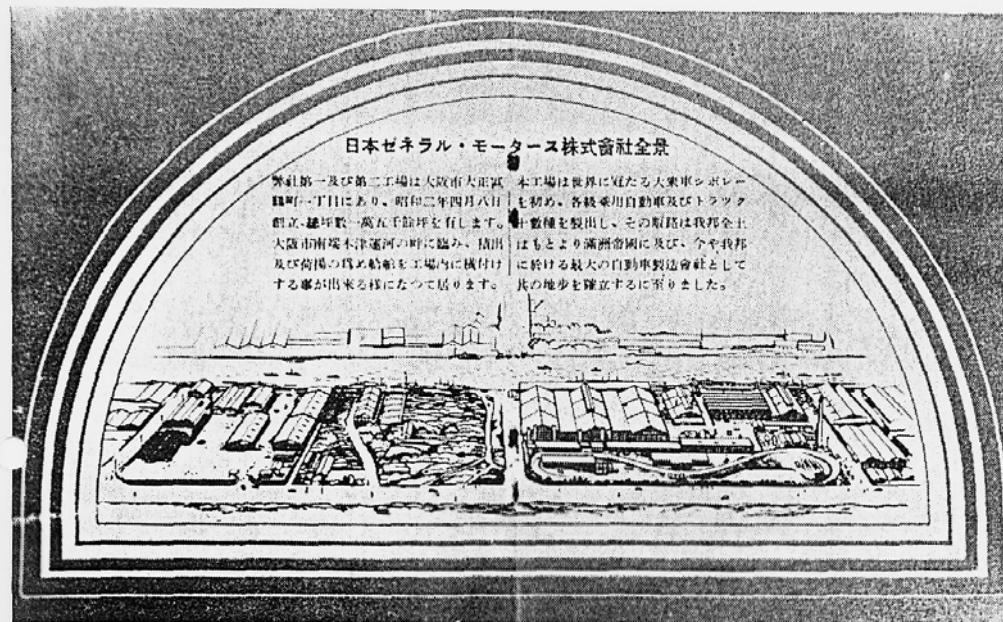
(写真46) 有栖川宮殿下のダラック号

1920年代・・

GM大阪工場

フォード横浜工場

外資による日本市場支配



(写真262) 同社大阪工場の全景

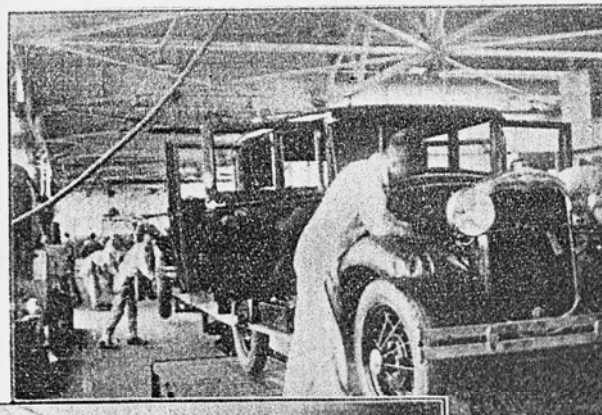


(写真263)
 飛行機上からみ
 た同工場の一部

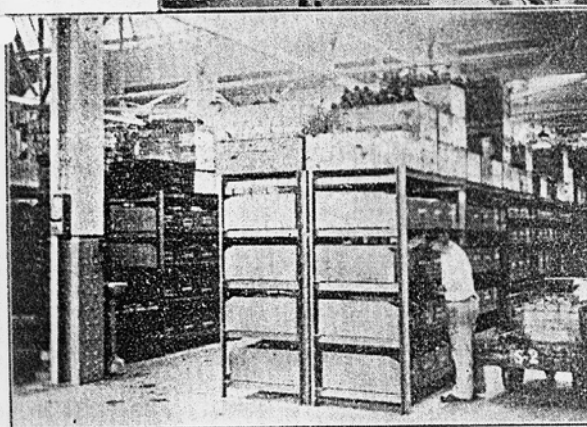
フォード横浜工場

小規模ながら組立ライン

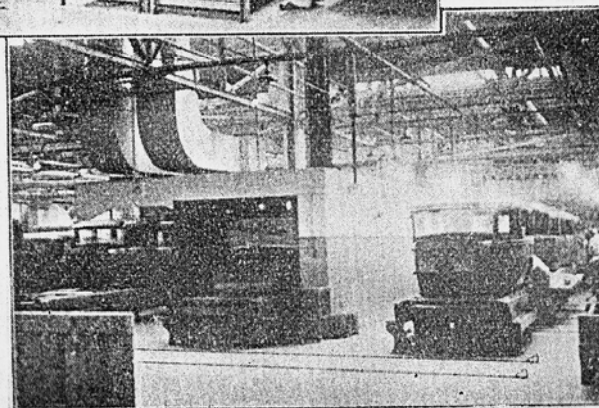
(1) シャシー組立ライン



(2) 部品室

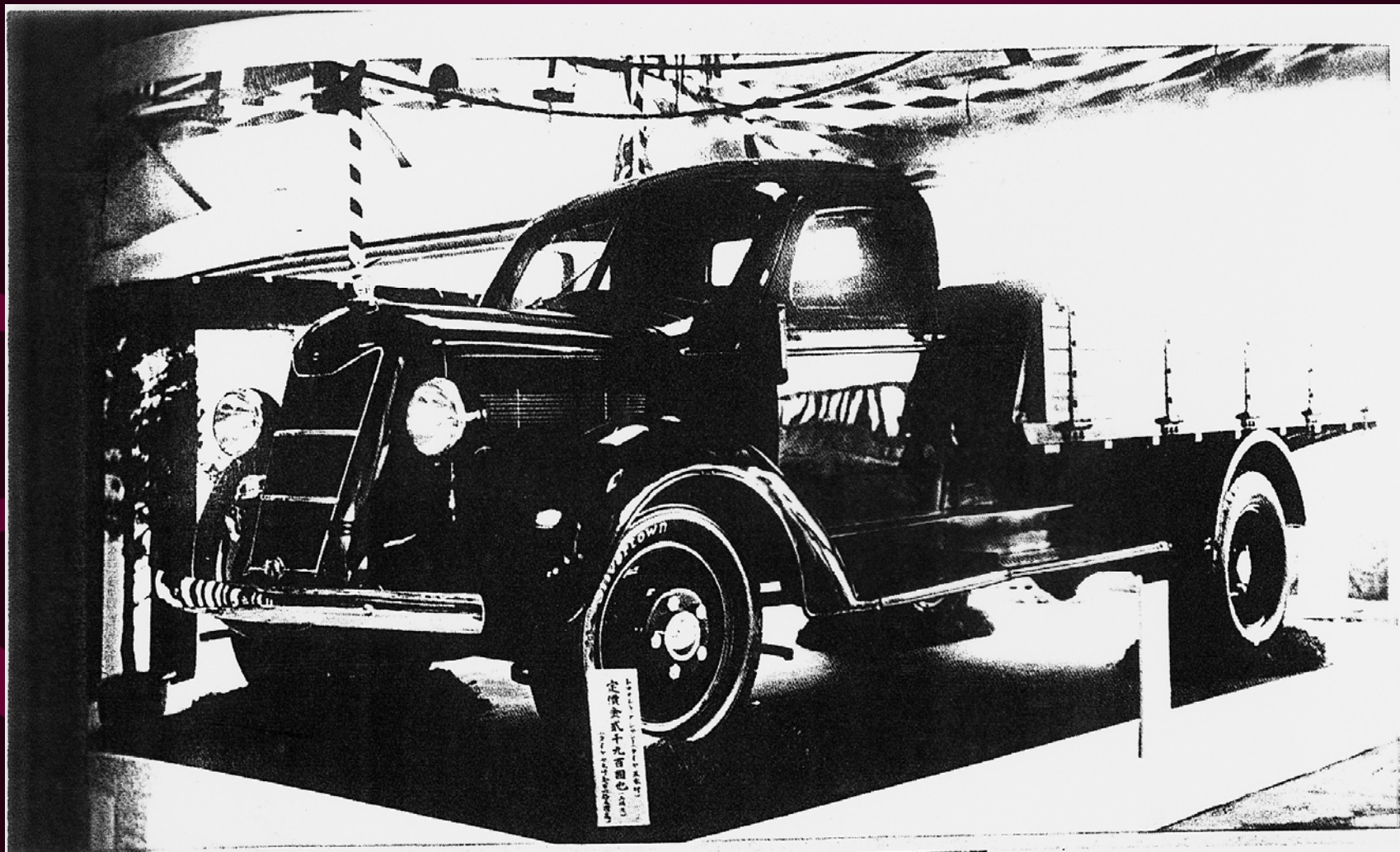


(3) 車体工場



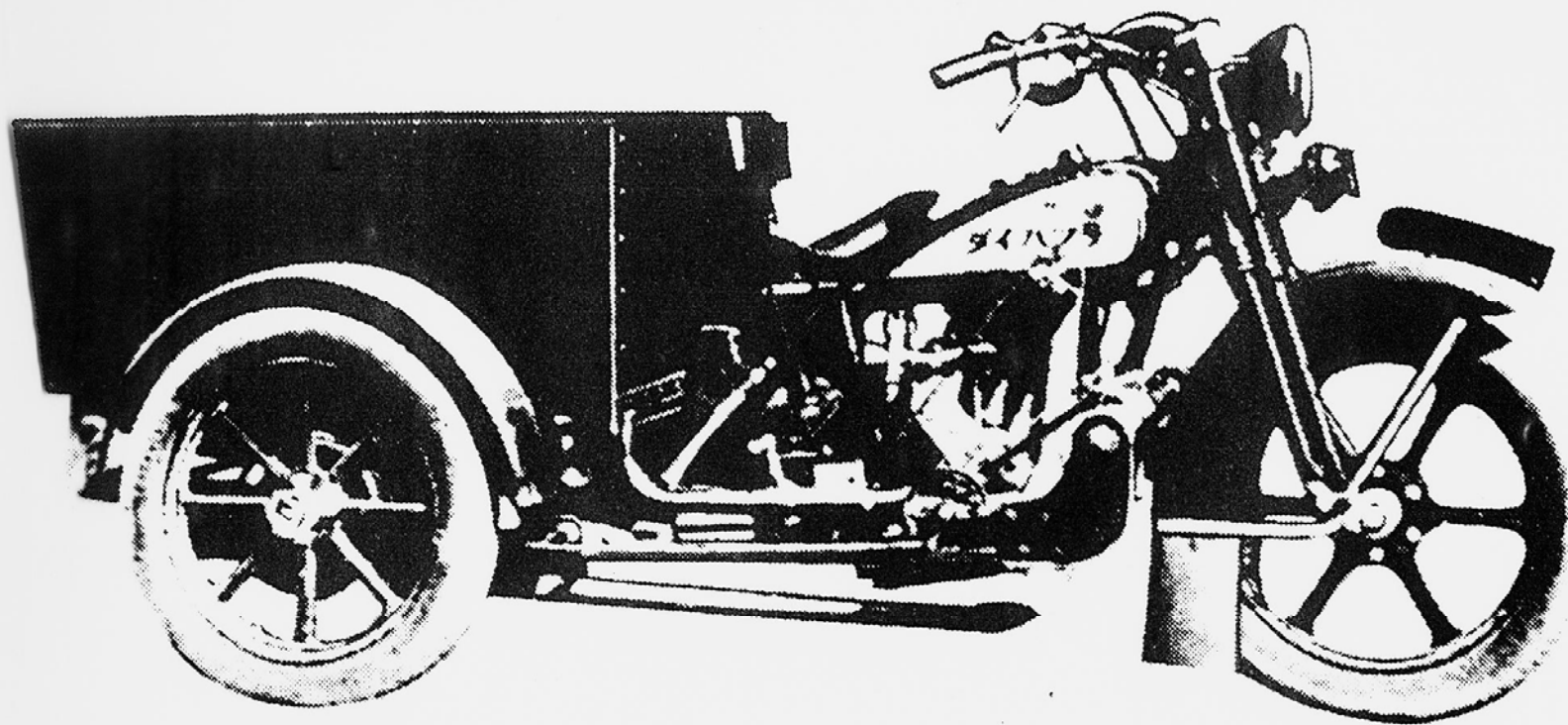
フォード横浜工場

豊田自動織機(→トヨタ自動車)はトラックで参入(30年代半ば)



当初はフォード車やGM車のコピーと寄せ集めに近かった

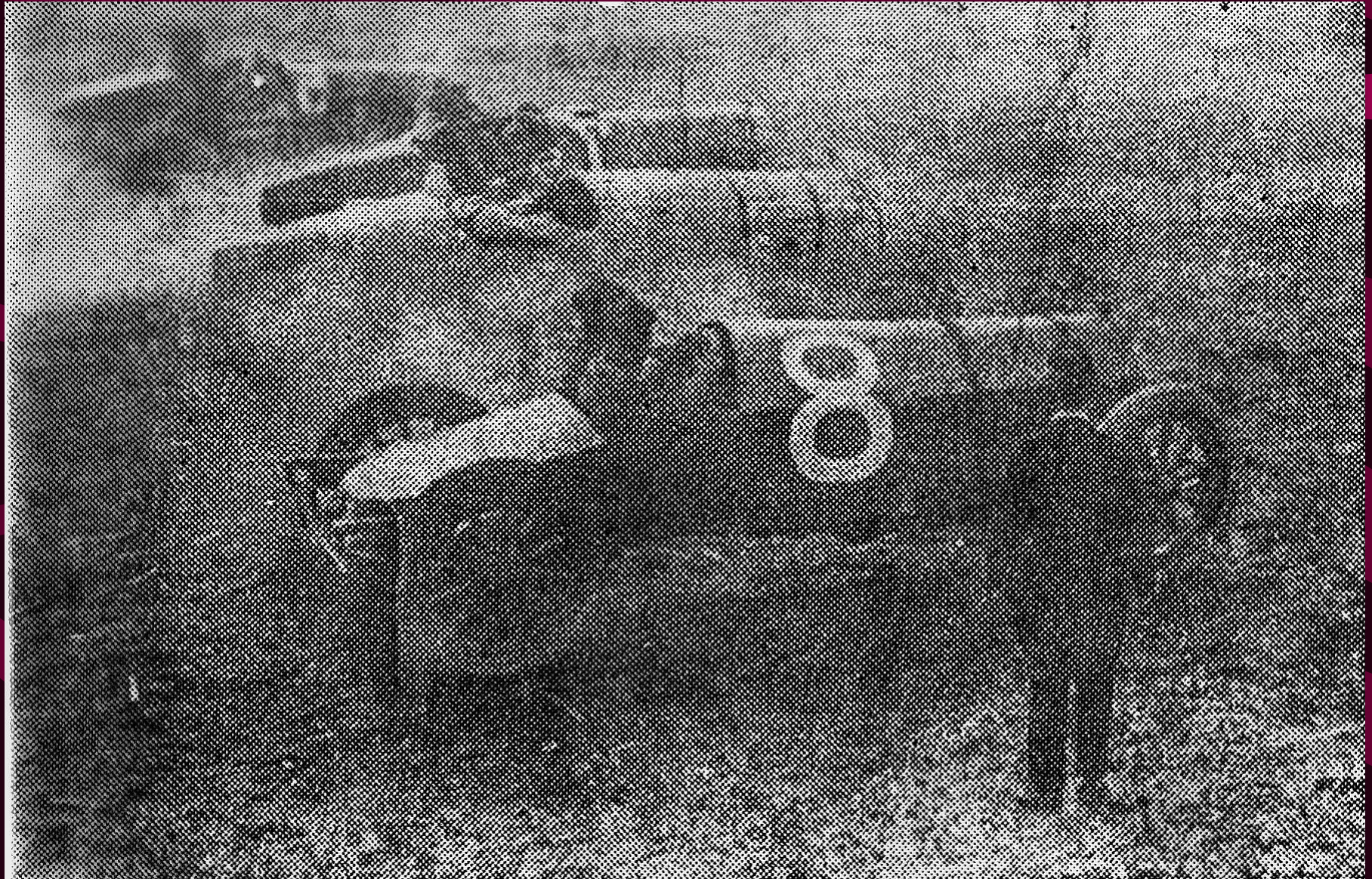
その一方で「ローコスト・ビークル」としての3輪車が活躍



ダイハツの1号車（昭和5年）

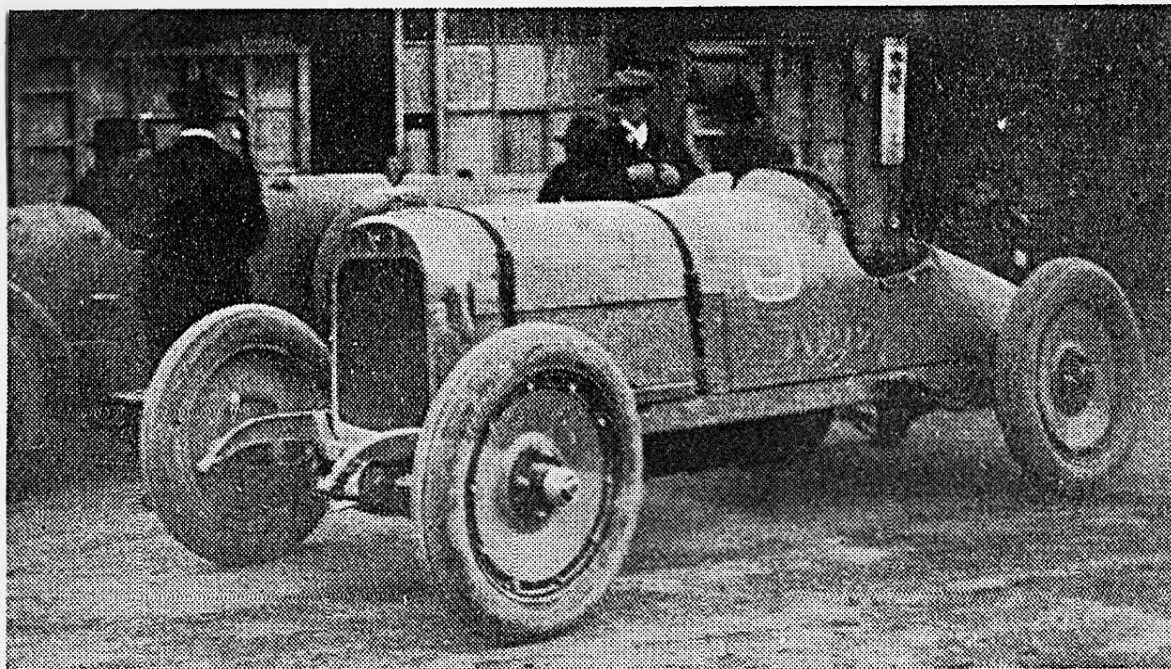
(大島・山岡「自動車より」)

余談：黎明期の日本の自動車レース



ジョージ藤本とハドソン号（1920年代）

自動車競走

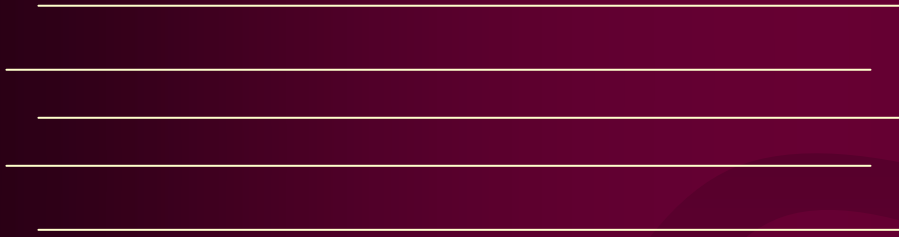


ジョージ藤本氏が米国から持ち帰ったハドソンの純レーサー

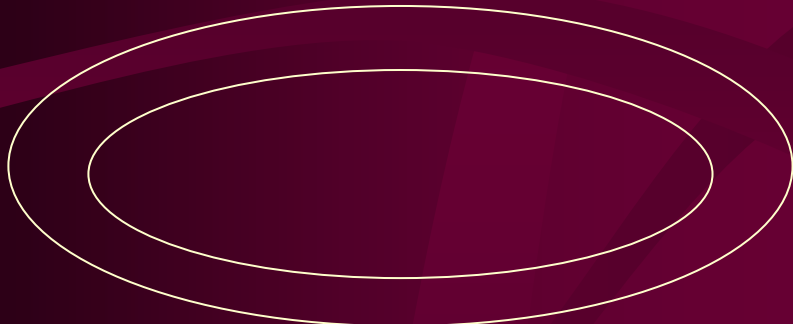
多摩川スピードウェイ (1930年代)

多摩川園駅

多摩川



多摩川スピードウェイ



スタンド



玉川駅

4. 製品・工程ライフサイクル

ハーバード大学 アバナシー教授の仮説

- (1) 初期は「製品革新」期
- (2) 「ドミナント・デザイン」(真打ちの登場...例えばT型フォード)
- (3) これをきっかけに「工程革新」期(例えばフォード生産システム)
- (4) やがて、製品技術・工程技術ともに標準化。

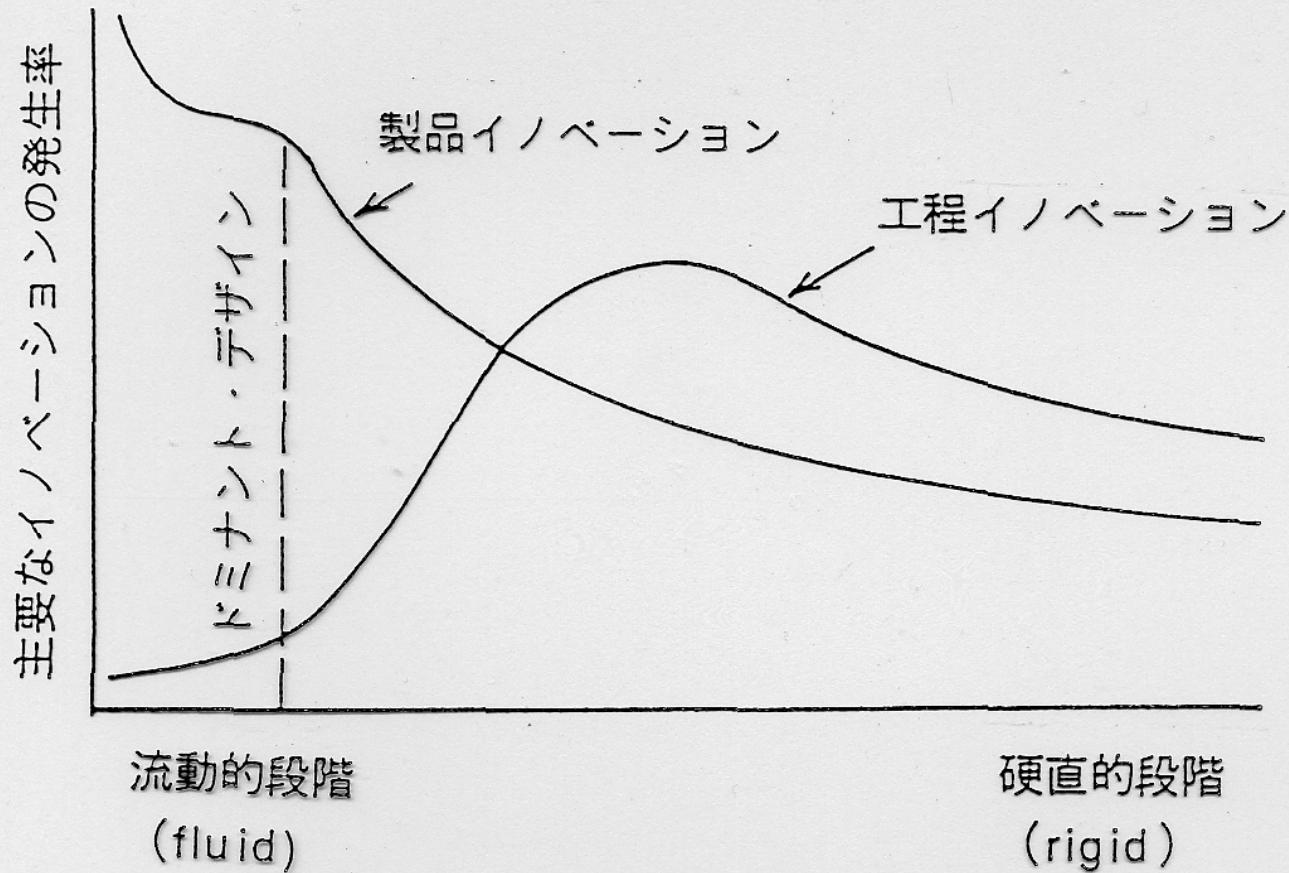
コストは下がるが柔軟性を失う...「生産性のジレンマ」

その後...

「フレキシブル大量生産」の時代に(多品種を大量に):例えばGM

戦後は、「トヨタ生産方式」がさらにフレキシブルなシステムとして台頭

製品・工程ライフサイクル

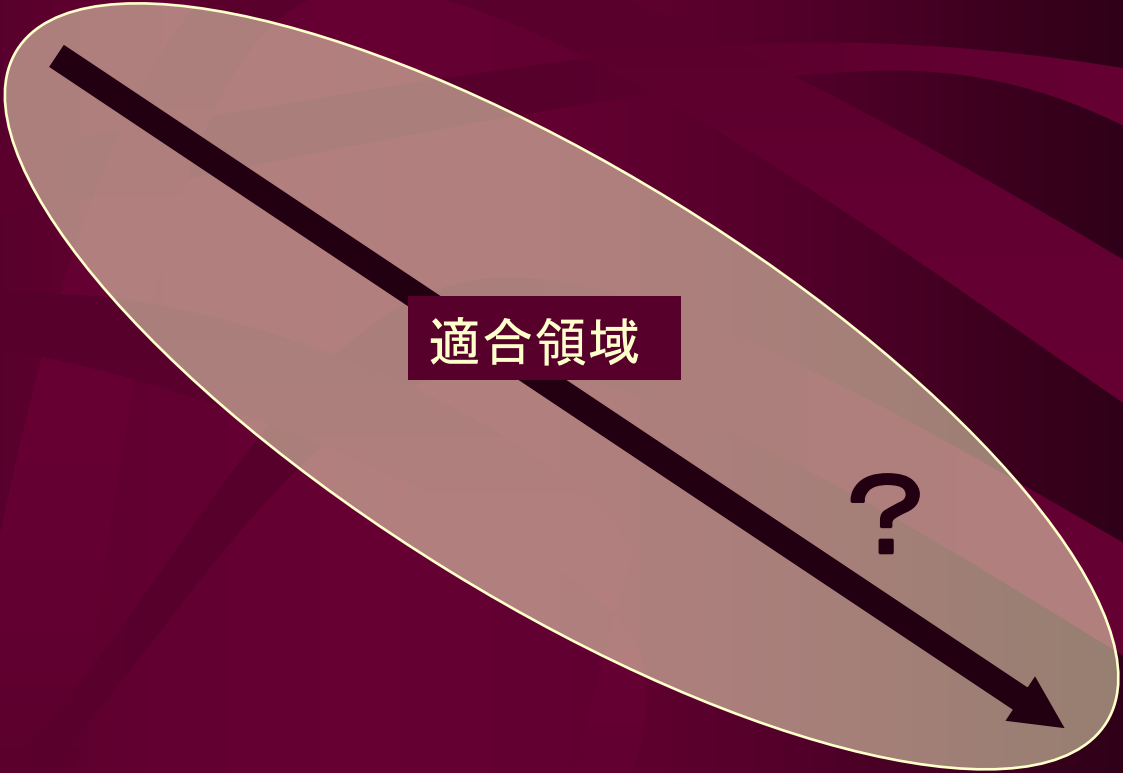


出所：W. Abernathy. Productivity Dilemma. Johns Hopkins University Press.

まず製品イノベーションの波 → 次いで工程イノベーションの波

プロダクト・プロセス・マトリックスとの関連・・・対角線を下りる？

	一品	多品種 少量	少品種 大量	一品種 大量
プロジェクト				
ジョブ・ショップ				
バッチ・フロー				
ライン・フロー (一個流し)				
連続フロー				



製品・工程ライフサイクルと製品・工程マトリックスの対応関係

属性		ステージ	初期	急成長期	成熟期	標準化・衰退期
		製品	製品の多様性	多品種	品種削減	ドミナントデザイン
モデル当り生産量	少量		生産量拡大	大量生産	大量生産	
産業組織	小企業		合併・整理	寡占・大企業	生き残り企業	
競争軸	製品属性・性能		品質・量	価格・納期	価格	
工程	工程タイプ	ジョブ・ショップ	バッチ・フロー	組立ライン	連続フロー	
	スループット量	少量	拡大	大量	大量	
	工程イノベーション	低位	中位	高位	中位	
	自動化	低位	中位	中位	高位	
	垂直統合	低位	中位	中位	高位	

出所：R.Hayes and S.Wheelwright, Restoring Our Competitive Edge他を参考に筆者作成。

脱成熟化(dematurity)

一方向的な「製品・工程ライフサイクル仮説」の限界

最後にはすべて標準化してしまう??

そうとも限らない

むしろ、ライフサイクルの逆転あるいは再出発の可能性・・・**脱成熟化**

(Abernathy, Clark and Kantrow, “Industrial Renaissance”)

自動車は「脱成熟化」するか？

(藤本「能力構築競争」中公新書)

脱成熟化(dematurity): 製品・工程ライフサイクルの「出直し」
(再び製品革新期に)

既存の技術や産業構造をひっくり返す画期的な技術革新がきっかけとなる。

自動車は「脱成熟化」するか？

1980年前後の「**自動車再発明論**」は、実は空振りだった(アメリカ的思い違い)

鋼鉄製ガソリン自動車の時代は続いた・・・**チャンピオンはしぶとい**

環境・エネルギー問題を契機に、今後20年の間に新動力技術が定着する？

ハイブリッド車？ 充電バッテリー電池車？ 燃料電池車？

しかし、生産コスト高(とくに材料費)が隘路に。簡単にはいかない。