

自転車に関する製品イノベーション

1. 陸上移動に関する製品イノベーションとしての位置づけ

--- 技術的性能評価視点の多様性を示すものとしての自転車技術 ---

陸上での移動手段としては、人間の足による「歩く」「走る」など徒歩による移動以外にも、馬車、牛車などの交通手段が古代から存在した。

人間の足の力を用いた移動手段としての自転車という製品は、馬車ほどは速くはないし、馬車や牛車ほどは重量物を運ぶことはできない。自転車技術は、「歩く」「走る」など徒歩による移動方法に比べればより速く、かつより大きな重量物を移動することができるという意味で、人間が自分の力で移動する陸上交通手段(陸上移動手段)としてはより優れた技術ではあるが、陸上交通手段(陸上移動手段)としての技術的性能という視点から見た場合には馬車よりもすぐれた技術とは必ずしも言えない。

その意味で、自転車というイノベーションは、技術的性能に関する評価視点の複数性を示すモノである。

2. 自転車の技術的シーズ

(1) 車輪・車軸などの要素的技術

古代から存在した馬車、牛車などに示されているように、車輪・車軸といった技術は古くから存在した。

また技術者たちの好奇心は、図1に示されているように、車輪・車軸などの技術を用いた、人力駆動による新しい陸上移動手段に関してさまざまな形態の装置を発明している。

図1に示された装置は、その実用性は疑問ではあるが、走行方向を決める前輪の車輪、伝達された回転動力による後輪の駆動、足で動かす中央の車輪の直径が、駆動輪の回転動力の受け軸の直径よりもかなり大きくなっていること⁽¹⁾など、現代的自転車と類似の技術学的構成を持っている。

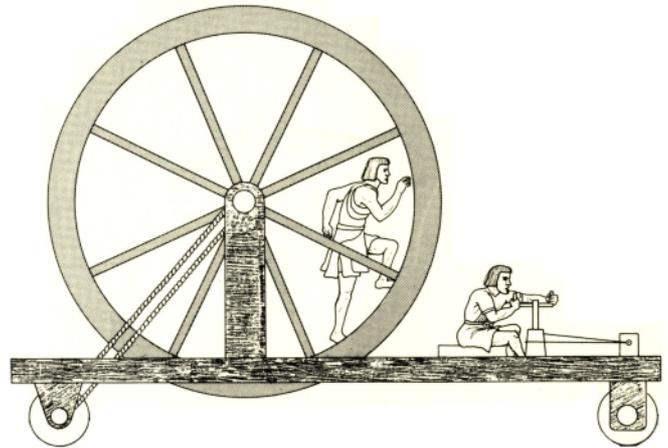


図1 パレロンのデメトリオス設計による人力駆動の乗り物 (紀元前308年)

[出典] アンドリッチ, ドラゴスラフ(古市昭代訳, 1992) 『自転車の歴史』ベースボール・マガジン社, p.10

(2) クランク軸 --- 回転ペダルという要素的技術の先行的技術

古代ローマ時代の手回し回転石臼[図2参照]や中世期の回転糸車など、人間が回転運動を持続的に実現するための技術的機構としてクランク軸は古くから利用されていた。技術者たちは、様々な機械において直線的運動を回転運動に変換するための技術的機構としてクランク軸を用いてきた。

それにも関わらず自転車でクランク軸が最初に利用されたのは、1839年のマクミランの自転車と遅かった。

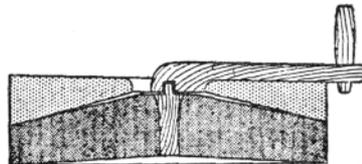


図2 左図は、紀元後2世紀イギリスの回転石臼[『技術の歴史』第3巻, 筑摩書房, p.86]で回転ハンドル=クランク軸で石臼を回転させる構造になっている。

右図は、1480年頃の『中世の家事の事情の書』の中の図で、回転ハンドル=クランク軸が取り付けられた大きな手回し車で、左方の小さな糸車を回転させている。

技術的機構としては、自転車の構造は図1と図2の装置を融合させたものである。

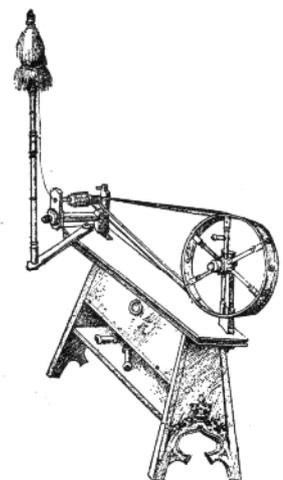


図 168 1480年頃の『中世の家事の事情の書』にみえる飛び子のある糸車。

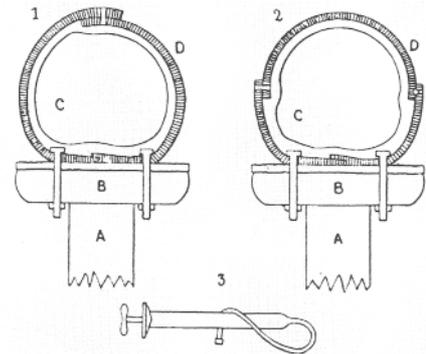
(1) 現代的自転車では、回転ペダルで動かす歯車の直径が、後輪と回転軸を共有している歯車の直径よりも大きい。

(3) 自転車の乗り心地に関わる要素的技術としての「空気入りタイヤ」 --- 1845年特許、1888年に実際に採用

最初の発明者はR.W.ワトソンである。彼は馬車の車輪用として空気入りタイヤを発明し、1845年12月10日にイギリスで特許を取得している⁽²⁾。このように19世紀前半には馬車用とは言え、「空気入りタイヤ」という要素的技術の発明があったにも関わらず、社会的にはさほど普及しなかった。

そのためこの特許の存在は忘れ去られており、自転車用として最初に採用されたのは、ダンロップが自分の息子の三輪車用として採用した1888年とかなり遅れた。

ダンロップは1888年6月20日に空気入りタイヤに関する特許取得に成功しているが、ワトソンの特許が存在したため、空気入りタイヤに関するダンロップの特許は2年後には無効となった。



ロバート・ウィリアム・トムソンの特許番号第 19990 号は 1845 年 12 月 10 日に登録。ダンロップ以前にすでに空気入りタイヤが発明されていた事実を証明する
図3 R.W.ワトソンの空気入りタイヤ(1845)

[出典]アンドリッチ(1992)『自転車の歴史』p. 86

(4) ハンドル付き木製二輪車 --- ドライス男爵のドライジーネ(1813)

ドイツの発明家カール・フォン・ドライス(Karl von Drais, 1785-1851)が1813年に発明し1818年にフランスで特許を取得したドライジーネ(Draisine)と呼ばれる装置は、図4のように、ハンドルと二輪車だけの構造で、回転ペダル等の車輪回転装置はなく、平地では走行のために足で地面を蹴る必要があった。

図5はドライジーネの持つ特徴 --- 下り坂はさほど足で蹴らなくても快適に走れるが、登り坂は担いで登る必要がある --- を明確に示している。現代的視点から見ると実用性には欠けていたが、ドライジーネは、貴族の若者を中心として流行した。漫画家たちは図5~8に示されているように、ドライジーネを素材とした風刺画を書いている。

「実用性という点で従来の二輪車よりもはるかにすぐれた自転車が出現したのは1817年で、フォン・ドライス・デ・ザウエルプレン男爵というドイツ人の考案によるものであった。これは前輪に向きをかえる仕組みがあり、サドルも柔らかく、乗り手が一足で地面を

蹴りながら寄りかかることの出来る背当てもつき、当時としては驚異的なスピードを出すことが出来たのである。ドライスは林業を営んでいたため、林道沿いにかなりの距離を見回らなければならないことが少なくなかったが、ある時、自分の考案した自転車に乗り、カールスルーエからシュベツィンゲンまで、歩けば普通3時間を要する道程を、わずか1時間で走破した。ただし、ほとんど下り坂だったことを断っておかなければなるまい。ドライスの考案によるこのドライジーネがパリで公開されると、健脚を誇るあるフランス人がボヌからディジョンまで、距離にして37kmを2時間半で走破し、平均時速15kmという記録を樹立した。

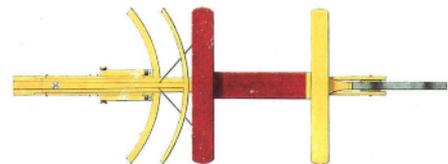


図4 ドライスによるドライジーネの図

[出典] <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/42/Draisine1817.jpg>

(2) D.アンドリッチ(古市昭代訳,1992)『自転車の歴史』ベースボール・マガジン社,p. 86.

ドライジーネは、たちまちパリ社交界の若者たちの間で流行し、摂政時代のロンドンの伊達男連もダンディ・ホースとかホビー・ホースとか呼んで、これを大いに珍重した。アメリカ人までがニューヨークやフィラデルフィアの劣悪な砂利敷道路で、ダンディ・ホースを乗りこなそうと努めたが、おおむね失敗に終わっている。

クルークシャンクやローランソンのような風刺漫画家にとっては、笑いのネタとして格好の画題となり、ジョン・キーツはダンディ・ホースを評して、"当世の無価値物"(nothing)と言っている。

世間一般はこの金持ちの道楽息子たちの玩具に対して偏見を抱いていたが、その理由は特に、歩道を我が物顔に走る迷惑な習慣に我慢がならなかったからである。蹄鉄工たちは車輪付の"馬"が流行して蹄鉄をうつ仕事量が減ることを恐れ、ホビー・ホースを乗り回している連中を襲っては、乗り手を追っ払ったうえで、機械をハンマーでたたきつぶす暴挙にでることも少なくなかった。R.スタイン(1980)(白井尚之訳)『図説 大発明の歴史』小学館,pp.142-143



図5 ドライジーネに関する1819年の漫画(1)
[出典] David V. Herlihy(2004) ,Bicycle, Yale U.P., p.27



図8 ドライジーネに関する1819年の漫画(2)
[出典] R.スタイン(1980),p.143



図7 ドライジーネに関する1819年の漫画(3)
[出典] R.スタイン(1980),p.143



図6 ドライジーネに関する1819年の漫画(4)
[出典]Dodge, Pryor(1996),The Bicycle,p.19

3. 初期自転車製品の多様性

ドライジーネに対する熱狂的ブーム(ホビー・ホース熱)は1830年以前に終了したが、その後も自転車に関する技術革新の努力は続けられた。そうした努力により、自転車の乗り手が足で地面を蹴らなくても済むような方向での技術開発が進むなどした技術革新の結果として、1860年代には再び自転車ブームが到来し、現在に至る社会的普及プロセスが開始された。

(1) 足踏レバー式自転車

a. 足踏レバー式二輪型後輪駆動自転車 --- 1839年のカークパトリック・マクミラン

「1839年には、スコットランド生まれの鍛冶屋でカークパトリック・マクミラン(Kirkpatrick Macmillan)という男が、足踏み式装置を備え、これを踏むと、後輪の中心からでたクランクに取り付けた長いロッドが作動する仕組みの機械を組み立てている。これは乗り手が踏み子を交互に踏み続けている限り、釣り合いを保っていられるという点で、初の本格的な自転車と言えるものであった。マクミランは自作自転車の実用性を実証するために、これにまたがってかなり長途の旅に出かけた(生まれ故郷のコートヒルという町からグラスゴーまで全長40マイル(64km)に及ぶ道程であったが、ゴール間近で子供をはね、5シリングの罰金刑に処された)が、本格的な成功を収めるには至らなかった。」R.スタイン(白井尚之訳,1980)『図説 大発明の歴史』小学館,pp.142-143

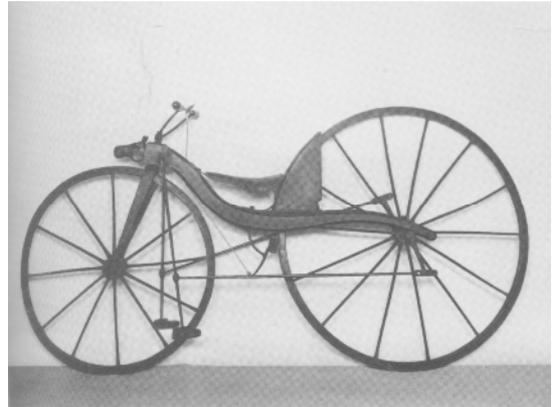


図9 マクミランの足踏レバー式三輪型自転車(1839)

[出典]R.スタイン(1980)『図説 大発明の歴史』p.141

b. 三輪型または四輪型の足踏レバー式自転車 --- 1840年代後半

ただし足踏み式のマシンとして最初に流行したのは、1840年代の後半に登場した三輪車ないしは四輪車というタイプのものであった。まだ重量が大きく、用途にも制約が多かった。

例えば1851年に、ロンドンのJ・ウォードが組み立ててビクトリア女王の夫君に献上した四輪車は、鉄製フレームと船の舵輪の柄のついたかじを備えており、52kgという重量であった。



図10 足踏レバー式三輪型前輪駆動自転車「ペンタム」

[図の出典] R.スタイン(1980)(白井尚之訳)『図説 大発明の歴史』小学館,140頁

4. 自転車の構造に関する様々な技術的方式の組み合わせとしての多種多様な製品design

(1) 19世紀後半期における多様な製品デザインの出現

表1 技術的方式の異なる様々な自転車の事例

No	該当図版番号	年	自転車の型式名称	車輪の数	前輪と後輪の相対的大きさ	駆動輪	駆動方式(1)	駆動方式(2)	製品開発の方向性
1	図7	1839	マクミラン型自転車	2	後輪が少し大きい	後輪	足踏みレバー		
2	図8	1840s	ピレンタム型自転車	3	前後輪とも同じ大きさ	後輪	足踏みレバー		
3		1861	ミショー型自転車	2	前輪が少し大きい ⁽³⁾	前輪	回転ペダル	直接駆動	
4		1872	Ordinary Bicycle	2	前輪が極めて大きい ⁽⁴⁾	前輪	回転ペダル	直接駆動	スピード向上
5		1883	Ordinary Bicycle	2	前輪が極めて大きい	前輪	足踏みレバー		スピード向上
6		1884	カンガルー型自転車	2	前輪が極めて大きい	前輪	回転ペダル	チェーン駆動	スピードをさらに重視
7		1881	スター型自転車	2	後輪が極めて大きい	後輪	足踏みレバー		スピード重視 安全性にも配慮
8		1883	“DEMON” Hill Climber	3	前輪が極めて大きい	前輪	足踏みレバー		安全性により配慮
9		1886	平行前輪チェーン駆動型三輪自転車	3	前輪が極めて大きい	前輪	回転ペダル	チェーン駆動	安全性により配慮
10		1886	Columbia Tricycle	3	後輪が極めて大きい	後輪	回転ペダル	チェーン駆動	安全性により配慮
11		1880	Otto Dicycle	2	(平行2輪)	---	回転ペダル	チェーン駆動	安全性に配慮
12		1878	Covenry Rotary Tricycle	3	中輪が極めて大きい	中輪	回転ペダル	チェーン駆動	安全性に配慮
13		1879	Bicyclette	2	前輪がかなり大きい ⁽⁵⁾	後輪	回転ペダル	チェーン駆動	
14		1885	Humber Safety Bicycle	2	後輪がかなり大きい	後輪	回転ペダル	チェーン駆動	安全性により配慮
15		1885	Rover Safety Bicycle	2	前輪が少し大きい ⁽⁶⁾	後輪	回転ペダル	チェーン駆動	
16		1898	Safety Bicycle	2	前後輪とも同じ大きさ	後輪	回転ペダル	チェーン駆動	安全性とスピードの両立に配慮

なお、どのような構造の自転車に対しても機能する技術革新---例えば、19世紀における鉄素材に関する技術革新によって可能となった素材の軽量化、1888年ダンロップが自転車用に最初に採用した空気タイヤなどの技術革新に関しても、表1では省略した。しかし当然のことながら、自転車の乗り心地、操作性、スピードなどに関してもそうした技術革新は大きく寄与している。

(2) ミショー型自転車の出現以降の、多様な製品デザインの出現

商業的に生産された最初期の自転車製品は、ミショー(Pierre Michaux)が1860年代初頭に販売開始したミシ

(3) 自転車産業振興協会「写真で見る自転車の歴史」<http://www.jbpi.or.jp/history.php>によると、外国のミショー型自転車は一般的に前輪が36インチ(約91cm)に、後輪が30インチ(約76cm)であった。なお現代の自転車のタイヤの標準的直径は、欧米で28インチ(約71cm)、日本で26インチ(約66cm)である。

(4) 普通で直径54インチ(約137cm)、大きいものでは直径60インチ(約152cm)もの大きさがあった。

(5) 直径比で40:24であった[『図説大発明の歴史』p.147]。

(6) 前輪が32インチ(約81cm)に、後輪が30インチ(約76cm)であった。なおタイヤは空気タイヤではなくソリッドタイヤであったし、重量はまだ37ポンド(約17kg)と重かった。[『図説大発明の歴史』p.147]

ヨー型自転車(boneshaker)である。ミショール型自転車は、人がこぐ回転ペダルと駆動輪の回転軸が共通になっておりチェーンなしで直接駆動するため、回転ペダルを1回転こぐ間に駆動輪が1回転しかしない。そのため、駆動輪がさほど大きくはなかったミショール型自転車ではスピードを出すために回転ペダルを速くこぐ必要があったが、「1862年には142台の自転車を生産し……1865年には400台、1867年には1,000台」に達した⁽⁷⁾。

19世紀前半期の「ホビー・ホース」は単なる趣味的製品でしかなく一時的ブームで終わったが、**回転ペダルを採用したミショール型自転車が1861年に登場した後は、自転車の要素的技術に関する様々な技術革新が絶え間なくなされ、多様な製品デザインの自転車の開発が進んだ。すなわち表1に示されているように、「車輪の数」「前輪と後輪の相対的大きさ」「駆動車輪の位置」「駆動方式」など自転車の構造に関する技術的方式の違いによって区別される多様なデザインの製品が19世紀後半につくられた。**ミショール型自転車の登場と一定の普及を契機として、自転車に関して最高スピードや安定性など製品の性能向上を図る技術開発競争が本格化したのである。

ミショール型自転車では回転ペダルと駆動輪の回転数が同一になる技術的構造であったこともあり、自転車のスピード向上はまずは駆動輪の直径を大きくすることで実現された。駆動輪の直径を大きくするという1870年代における自転車の製品イノベーションは、現代的視点から見ると奇妙であり、自転車のシートの高さが地上1.5m前後になることなどにより重心が高くなり不安定になったし、急ブレーキをかけると頭から地面にたたきつけられるという危険性も有していた。ただしそうしたリスクがあったことは、Ordinary Bicycleに対する熱狂的な愛好者にとってはさほどの問題ではなく、Ordinary Bicycleに対する社会的ブームは、イギリス、アメリカ、フランスでも起こった。

その結果として、自転車に対する技術革新に対する取り組みが熱心になされた。ボールベアリング、接線方向にスポーク線を配した車輪(コベントリーのジェームズ・スターリー[James Starley,1831-81]が発明)、フレーム用中空鋼管、ばね付きシート、中空ゴムタイヤ(但し、まだ空気タイヤではなかった)などの採用により自転車の軽量化が進み、乗り心地も改善された。

(3) 製品イノベーションの最初の方向性 --- スピード追求

スピード向上のためになされた最初の技術的改良は、Ordinary Bicycleのように駆動輪を大きくすることであった。自転車のスピードを上げるには、「駆動輪の単位時間当たりの回転数を増加させる」方法と「駆動輪の直径を大きくする」方法の二通りがある。したがって、Ordinary Bicycleなど回転ペダルの回転軸と駆動輪の回転軸とを共通にし、回転ペダルの回転数と駆動輪の回転数を同一にさせる場合には、「回転ペダルをこぐ足のスピードを上げる」か、「駆動輪の直径を大きくする」かする必要がある。回転ペダルをこぐ足のスピードには一定の限界があるし、人によっても異なるため、駆動輪の直径を大きくすることで駆動輪が1回転する間に前進する距離をより大きくした。

別途資料 の Ordinary 型と Safety 型の 広告 (1889) [E.R.Jones(1959),Those were the good old days,chester,p.46]にある、駆動輪の直径が52インチ(約132cm)のOrdinary型自転車は、現代の自転車のタイヤの標準的サイズの約2倍の直径であるから、駆動輪が1回転する間に現代の自転車よりも約2倍の距離を進むことになる。

しかしスピード向上を目的としたこうした最初の製品イノベーションは、自転車に乗るのを大変にさせただけでなく、その操作性や安全性の低下により事故の発生可能性の増大という問題点を生み出した。実際、前輪を極めて大きくしたOrdinary Bicycleは、別途資料 の新聞記事[Family Doctor 1886年8月21日号、引用 David V. Herlihy (2004), Bicycle, Yale University Press,p.226]にあるように、事故の危険性が問題となった。

スピード向上を目的とした初期の製品イノベーションは、安全性の低下という技術的問題を引き起こした。その製品イノベーションは、技術的性能と安全性のバランスを崩したという意味で技術的にはあまり優れたイノベーションではなかった。(危険だから逆に関心を高める一部の若者や、足の長さを誇示したい一部の人間を除

(7) 中村博司「自転車の歴史(1)」<http://www.h4.dion.ne.jp/~bikemuse/JitennsyadeIkou/Nakamura%20NewCycling%202.html>

いては、そうであった。)

(4) 次の製品イノベーションの方向性 ---- スピード向上に対応した安全性の確保

安全性の低下という問題に対処するために、駆動輪を後輪とすることで頭から転がり落ちる危険性を減らしたスター型自転車などのようなSafety Ordinary Bicycle、車輪を前後ではなく平行に配置したOtto Dicycle、車輪を3つにした三輪型自転車などが開発された。

安全性に関して当時一般的に普及していたOrdinary Bicycleとの違いを強調するため、スター型自転車ではアメリカの国会議事堂の階段下りを、三輪型自転車では階段登りのデモンストレーションをおこなっている。

しかしスター型自転車や三輪型自転車のように前輪と後輪の直径が極端に異なる製品は十分な安全性を確保したデザインではなかった。例えばスター型自転車では、頭から転がり落ちる心配は減少したが、その代わりに後ろ向きに倒れる危険性が高まった。

(5) ドミナント・デザインの確立 ---- 「スピード追求」と「安全性確保」の両立

回転ペダルと駆動輪の回転軸を共通した構造の自転車では、より早いスピードが出せるように駆動輪を大きくすることには一定の合理性があった。しかし回転ペダル・回転歯車・チェーン駆動という構造の自転車では、歯車比(ギア比)を変化させることで駆動輪の回転数を回転ペダルの回転数よりも上げることが可能となったため、もはや駆動輪を大きくすることの技術的意味はなかった。駆動輪を大きくすればそれだけより大きな力で回転ペダルをこぐ必要があるため、回転ペダルの回転数が小さくなる。駆動輪が小さくても回転ペダルの回転数を上げれば、スピードは出る。単純化して言えば、駆動輪の直径を2倍にすれば1回転で2倍の距離を進めるが、回転ペダルをこぐ力の大きさも2倍になるため、同一のエネルギー消費量では回転ペダルの回転数が半減する。駆動輪の直径が1/2であれば1回転で半分の距離しか進めないが、回転ペダルをこぐ力の大きさも半分になるため、同一のエネルギー消費量では回転ペダルの回転数が2倍になる。そのため同一のエネルギー消費量では自転車のスピードは、駆動輪が大きくても小さくても変化しないことになる。(実際には人間の足が出せる力と足の回転速度など自動車操縦者の体力や、自転車の大きさに応じた重量増加 ---- 駆動輪が大きい方が車体重量は重くなる。自転車の軽量化技術がさほど進んではいなかった19世紀ではこの問題はかなり大きな問題であった。 ---- などがあるため、これほど単純ではない。)

こうして「安全性」と「スピード追求」という二つの技術的課題の両立は、「車輪は二つ」「前後輪とも同じ大きさ」「回転ペダルで歯車を回転させる」「チェーンでつながれた歯車のギア比により人間の足による回転ペダルの回転数よりも駆動輪の回転数を増大させる」といった技術的構造により実現された。

こうした方向での技術革新はその当時から意識されており、別途配付資料 のRover Safety Bicycle に関する1885年の広告[David V. Herlihy (2004), *Bicycle*, Yale University Press, p.237]のキャッチコピーでは、「三輪車型自転車(Tricycle)よりも安全で、これまでに造られたどの二輪車型自転車(Bicycle)よりも早くて、より安全である」ということがSafety Bicycleの利点として強調されている。

安全性・安定性とスピードの技術的両立は、最終的にはsafety型自転車のように2輪で前後輪とも同じ大きさとして、回転ペダル式で後輪をチェーン駆動しフリーホイールとする製品デザインによって実現された。safety型は市場における支配的デザイン(dominant design)となり、100年以上も経過した現代の自転車でも基本的構造は変わっていない。

(6) ドミナント・デザインの出現と自転車の社会的普及

市場における支配的なデザインすなわちdominant designの成立後、自転車市場はさらなる拡大を遂げ、19世紀末アメリカで「およそ10人に1人」の割合になるほど広く普及し、1897年にはアメリカ国内だけでも約200万台の自転車が製造されたほどである。そして1896年には「ステータスシンボルとしての自転車の地位が高まり、ピ

アノ、書籍、観劇券、宝石、腕時計の売上が激減した⁽⁸⁾とまで言われている。

なお図版 ~ にあるような、前輪が大きなOrdinary Bicycleは、現代でも<http://www.hiwheel.com/>などで販売されている。

5. 技術的方式の違いに関する技術的性能視点からの考察

(1) 「回転ペダル」と「足踏みレバー」という駆動方式の技術的差異

回転ペダル式の場合には、足の最下位の位置が駆動輪の回転中心よりも必ず下になる。サドル位置に起因する違いを無視するなど単純化して言えば、回転ペダル式の場合には「足の長さ」「駆動輪の半径」+「回転ペダルの回転半径」となる。すなわち、「駆動輪の半径」の上限は「足の長さ」から「回転ペダルの回転半径」を引いたものとなる。

これに対して、足踏みレバー式の場合には、足の最下位の位置を駆動輪の回転中心よりも上にすることができる。足の最下位の位置を駆動輪の回転中心と同じだとしても、足踏みレバー式の場合には「足の長さ」「駆動輪の半径」となる。すなわち、「駆動輪の半径」の上限は「足の長さ」となる。したがって足踏みレバー式を選択した方が回転ペダル式を選択する場合よりも、駆動輪の半径がより大きな自転車に乗ることができる。

(2) フリーホイール技術

駆動装置である回転ペダルと駆動輪をミシヨ型自転車のような形で固定的に結合している場合は、駆動輪と回転ペダルの回転速度は常に同一となる。そのため回転ペダルを踏む足の回転速度を下げれば自転車のスピードも下がるのでブレーキ無しでも止まることができる点は便利であった。ただしその一方で下り坂など自転車をこぐ必要がない時でも回転ペダルに足を乗せている場合には常に足を回し続ける必要があるのは不便であった。

そうした不便さを解消するため、回転ペダルをこがなくてもよいようにした技術的発明がフリーホイールである。現代の一般的な自転車⁽⁹⁾ではフリーホイール機構が採用されており、回転ペダルを停止させたままでも自転車がそのまま前進するようになっている。

駆動輪に動力を与えたい時だけ足を動かせばよいフリーホイール機構の先駆となったのは、スター型自転車における足踏みレバー機構である。スター型自転車では、レバーを足で踏まなくても自転車が前進を続け、レバーを踏めば自転車に加速が与えられるようになっていたのである。

6. 参考文献

- 1) 佐野裕二(1980)『発明の歴史 自転車』社団法人 発明協会
- 2) 佐野裕二(1980)『自転車の文化史』文一総合出版
- 3) 佐野裕二『発明の歴史 自転車』社団法人 発明協会,1980年
- 4) アンドリッチ,ドラゴスラフ(古市昭代訳,1992)『自転車の歴史 --- 200年の歩み 誕生から未来車へ』ベースボール・マガジン社
- 5) 日本自転車普及協会自転車文化センター(1993)『資料で語る日本の自転車史 --- 自転車文化センター収蔵資料写真集』日本自転車普及協会自転車文化センター
- 6) インタープレス(1995)『自転車業界戦後50年』インタープレス
- 7) 自転車産業振興協会編(1973)『自転車の一世紀 --- 日本自転車産業史』自転車産業振興協会
- 8) International Bicycle Fund, "Bicycle History(& Human Powered Vehicle History)"

<http://www.ibike.org/library/history-timeline.htm>

自転車の歴史年表David Mozer, "Chronology of the Growth of Bicycling and the Development of Bicycle Technology", および、自動車の歴史関連サイトの紹介がある。

(8) D.アンドリッチ(古市昭代訳,1992)『自転車の歴史』ベースボール・マガジン社,p. 93

(9) フリーホイールではない自転車にも操作性などの面で技術的利点がある。そのため現代でも、フリーホイールではない自転車は、競輪用に使用されているだけでなく、熱狂的な愛好者もいる。例えば、Ryan Singel(2005)「若者の人気を集めるブレーキなし自転車「フィクシー」」(HOTWIRED JAPAN,2005年4月7日 2:00am PT) <http://hotwired.goo.ne.jp/news/technology/story/20050408302.html>などの記事が参考になる。