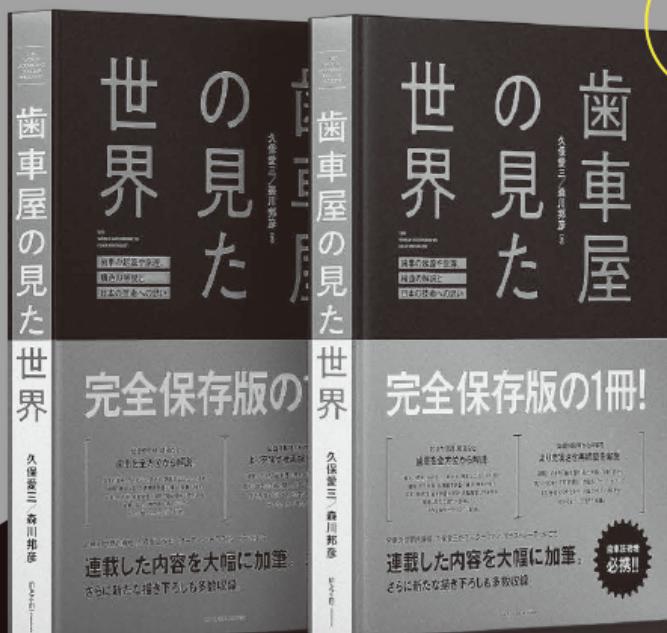


モーターファン・イラストレーテッドで **100話にわたって**

連載した内容を集約。

——すべての歯車技術者と、それを目指す若者に送る——

4月19日
発売!!
COMING SOON



たいへんお待たせいたしました。すべての歯車技術者と

それを目指す若者は必携となる、歴史的な書籍の発売日が決定しました。

必須となる基本的な歯車の知識や、新たなコラムなどの大幅な加筆と、用語解説も掲載した、

300ページを超える大ボリュームの1冊となります。

定価:8,800円(本体:8,000円+税10%) ISBN:978-4-7708-4702-5



工学博士・久保慶三

ProDEEngineering

1968年京都大学工学部を卒業。71年に京都大学工学部研究科修了で博士号を取得。長らく京都大学にて教鞭を執り、講師の世界的情報として活躍。2007年に退官後、現在は公財財団法人「応用科学研究所」理事長、並びにCKBGT(クボギヤテクノロジーズ)代表を務める。

ACCESS!



ご予約・お求めはこちらから
(送別無料)

002

【お求め方法】

お買い求めは、お近くの書店または下記まで

パソコンから <https://shop.san-ei-corp.co.jp>

お電話で 03-5357-8802

受注センター(平日10:00~17:30)

【支払い方法・送料について】

ご注文金額が1000円以上の場合は、送料無料

●クレジットカード払いの場合
手数料:無料 / 送料:一回200円

●代金引換払いの場合
手数料:300円 / 送料:一回200円

株式会社三栄 販売部

T163-1126 東京都新宿区西新宿8-22-1

新宿スクエアタワー26F

TEL:03-6773-6250(平日10:00~17:30)

「歯車屋の見た世界」 目次

まえがき	i
第1話 トランスマッションとある歯車屋の思い.....	001
第2話 トランスマッションと歯車.....	005
第3話 機械式動力伝達の基本	008
第4話 昔々の回転運動・動力の伝達	011
第5話 回転運動と動力の伝達（近世）	013
第6話 サイクロイド歯車.....	015
第7話 サイクロイド歯車とインボリュート歯車.....	018
第8話 歯形論と歯車.....	021
第9話 昔の歯車の歯の製法と圧力角	024
第10話 創成歯切り法の発明	027
第11話 歯車のホブ切り	030
第12話 かみ合う歯車の中心距離	033
第13話 駆動装置用歯車の問題点の解決	036
第14話 互換性・標準化のメリット・デメリット.....	039
第15話 転位歯車.....	043
第16話 高性能歯車加工技術	046
第17話 インボリュートはすば歯車（その1）	049
第18話 インボリュートはすば歯車（その2）	051
第19話 やまば歯車.....	054
第20話 インターナルギヤ（内歯車）	057
第21話 インボリュート歯車の歯面形状精度	060
第22話 歯車の精度と歯車の運転性能解析の基本.....	064
第23話 非平行軸間の回転運動・動力の伝達	067
第24話 ベベルギヤ（かさ歯車）	070
第25話 ベベルギヤの不条理と歯当たり管理	073
第26話 ベベルギヤ、ハイポイドギヤ、スピロイドギヤ、ウォームギヤ	076
第27話 フェースギヤと新種ベベルギヤ	079
第28話 コニカルギヤ	083
第29話 外形のゆがんだ歯車	086
第30話 歯すじのゆがんだ歯車	090
第31話 等速運動を伝達する歯車理論の飛躍	093
第32話 歯車のピッチ誤差、運転性能解析の序	096
第33話 動力の分岐と統合	100
第34話 遊星歯車装置	103

第 35 話 飛行機と遊星歯車装置	106
第 36 話 最新の航空機エンジン用遊星歯車装置	109
第 37 話 遊星歯車装置の特殊技術	112
第 38 話 乗用車用トランスミッション	115
第 39 話 HV 車 (Prius) 用トランスミッション (その 1)	119
第 40 話 HV 車 (Prius) 用トランスミッション (その 2)	123
第 41 話 AMT、シームレスシフト、IST	126
第 42 話 差動歯車装置	130
第 43 話 差動歯車装置の難しさ	133
第 44 話 日本の機械技術の現状	136
第 45 話 歯車変速装置の立ち位置	140
第 46 話 歯車強度の伝統的検討法 (歯の折損)	144
第 47 話 歯車強度の伝統的検討法 (歯面疲労)	147
第 48 話 歯車強度の伝統的検討法 (歯面の焼付き)	150
第 49 話 歯車強度検討法の国際規格	153
第 50 話 歯車損傷用語	156
第 51 話 歯車強度の伝統的検討法の問題点	159
第 52 話 歯面の損傷と応力体積	163
第 53 話 歯車における損傷の進行	166
第 54 話 機械部品用鋼材の製造と均一性	169
第 55 話 鋼材組織の不均一性と損傷事故	172
第 56 話 機械部品用鋼材の強化と硬い介在物	176
第 57 話 鋼の鍛錬と品質	180
第 58 話 硬さと強さ	183
第 59 話 鋼材品質に関する指標	186
第 60 話 歯車用鋼材の硬さのバラツキと内歯車	189
第 61 話 浸炭焼入れ後の鋼材品質	192
第 62 話 高周波焼入の問題	195
第 63 話 素材品質と高周波焼入後の品質	199
第 64 話 歯車損傷のトラブル シューティング	202
第 65 話 コンピューター利用の歯車強さ検討法の問題点	205
第 66 話 乗用車用トランスミッションギヤ歯面の剥離	208
第 67 話 被動歯車歯先エッジによる駆動歯車歯元歯面の攻撃	211
第 68 話 駆動歯車歯元の干渉損傷	214
第 69 話 摩耗粉の発生と歯面への付着	217
第 70 話 異物のかみ込みと油の劣化	220
第 71 話 扇形の歯面剥離の発生機構	223
第 72 話 かみ合いはずれ時に起こる損傷	226
第 73 話 歯先・歯元接触時の発熱と材料の軟化	229
第 74 話 大形歯車のトロコイド干渉と損傷	232
第 75 話 見える見えない (光と影)	235
第 76 話 見える見えない (照明角度、目の感度特性と焦点合わせ)	238

第 77 話 ギヤノイズ	241
第 78 話 FF 化の促進とギヤノイズ問題の顕在化、そして環境変化	244
第 79 話 ギヤノイズの発生伝達メカニズム	247
第 80 話 バックラッシに起因する歯面分離による歯打ち音	250
第 81 話 かみ合い率とギヤノイズ	253
第 82 話 ギヤノイズ低減のための高歯化設計における課題	256
第 83 話 コンピュータプログラムの普及とスキルレス化の始まり	259
第 84 話 ギヤノイズ低減のためのファインピッチ設計の落とし穴	262
第 85 話 暗騒音によるギヤノイズのマスキング効果	265
第 86 話 かみ合い伝達誤差解析法の導入	268
第 87 話 モータースポーツと歯車	271
第 88 話 歯車屋が考える最適歯車諸元設計法	274
第 89 話 統計的処理による歯車精度管理	277
第 90 話 製造誤差に対してロバスト性を有する歯面修整形状	280
第 91 話 ギヤノイズ起振力（メッシュフォース）とコンプライアンス	283
第 92 話 パワープラント共振と騒音振動現象	286
第 93 話 自動変速機と遊星歯車機構	289
第 94 話 遊星歯車機構のギヤノイズの特徴	292
第 95 話 電気自動車のための高効率高減速歯車装置	295
第 96 話 電気モーターの進化と変速機の価値	298
第 97 話 デファレンシャル機構の功罪、高減速駆動系の問題	301
第 98 話 電気自動車（EV）に対応した歯車設計	304
第 99 話 これからの歯車新技術（1） 高性能化と製造の高能率化	307
第 100 話 これからの歯車新技術（2） 歯のエッジ処理	310
索引	315
あとがき	i

Contents of Small talks

Small talk 1	「誉」発動機と戦闘機.....	004
Small talk 2	同意用語	007
Small talk 3	アッカーマン	014
Small talk 4	グラフィックデザイナーの描く間違った歯車	014
Small talk 5	明治日本の産業革命遺産 製鉄・製鋼、造船、石炭産業.....	017
Small talk 6	カミューの定理	020
Small talk 7	サイクロイド曲線とインボリュート曲線の媒介変数表示.....	020
Small talk 8	ニュートン法によるインボリュート関数の逆関数の計算.....	026
Small talk 9	工具刃先 R 部で創成される歯車歯元隅 R 部の形状の計算	029
Small talk 10	るべき会社の姿.....	032
Small talk 11	優秀な技術者と並の技術者	038
Small talk 12	陰と陽	042
Small talk 13	塩野七生著「ローマ人の物語」より	045
Small talk 14	唯一、賞賛されたギヤノイズ	053
Small talk 15	誤差と偏差	063
Small talk 16	歯側端エッジ接触による損傷.....	063
Small talk 17	CAD データから歯車が出来るまで.....	082
Small talk 18	コニカルギヤを用いたフェースギヤ	085
Small talk 19	バリアブルギヤレシオステアリング	089
Small talk 20	風車用遊星歯車装置の内歯車の課題	108
Small talk 21	航空機用遊星歯車装置の効率	114
Small talk 22	自動車用歯車の設計要件	118
Small talk 23	ハイブリッド車駆動系に潜む問題	122
Small talk 24	プリウスのエンジンブレーキ	125
Small talk 25	1928 年製 BMW 初号車とその運転	129
Small talk 26	新構造の差動歯車装置、検討の要点	132
Small talk 27	差動遊星歯車装置の動力循環の計算	135
Small talk 28	2 次元歯車を元にした強度計算	152
Small talk 29	真の損傷原因を突き止めるのがトラブルシューティング	158
Small talk 30	シャルピー衝撃値と曲げ疲労限度	162
Small talk 31	U 値と K 値	165
Small talk 32	過剰な浸炭焼入れ処理で生まれた硬化層内のマイクロクラック	175
Small talk 33	材料の強化機構	179
Small talk 34	不適切な浸炭焼入により発生した微細な割れ	179
Small talk 35	刀鍛冶	182
Small talk 36	規則盲従とマニュアル至上主義の弊害	188

Small talk 37	ビッカース硬さ	191
Small talk 38	異物のかみ込み圧痕.....	191
Small talk 39	中国製品と日本製品.....	198
Small talk 40	人間は自分が馬鹿であると言うことに気づけないほど馬鹿.....	198
Small talk 41	高周波焼入れの TTA 線図	201
Small talk 42	所詮、シミュレーションは仮想現実の世界	210
Small talk 43	日本の歯車産業発展のために	216
Small talk 44	エッジが接触しないようにうまく丸められた歯先落し部の 2 度接触.....	222
Small talk 45	歯の側端に生じる凝着摩耗とそのメカニズム	228
Small talk 46	動力伝達をしたことによる歯面材料の変化	231
Small talk 47	人の目のオートフォーカス機能.....	237
Small talk 48	1970 年代のギヤノイズ低減対策	243
Small talk 49	歯面修整形状とギヤノイズ特性.....	249
Small talk 50	ギヤノイズの「色即是空」	252
Small talk 51	レース用トランスマッision歯車のかみ合い損失	273
Small talk 52	最適歯車諸元設計における基本計算式	276
Small talk 53	モンテカルロ法	279
Small talk 54	プリウスのカウンタードライブギヤウェブ面の長穴	285
Small talk 55	マセラティとストラディバリウス	288
Small talk 56	日本のエネルギー政策	297
Small talk 57	機械基盤技術に基づく新しい技術の創出	313

はじめに

私は日本でもぼつぼつ自動車が普及しかけていた時代に、先の大戦中、中島飛行機で高性能航空機のエンジン開発に関わってこられ、戦後、京都大学の精密工学科で機械要素の教授をしておられた会田俊夫先生の研究室で先生のカバン持ちをしながら、仲間内では歯車屋と言われる分野の仕事を学んでいました。その後、多くの機械会社とお付き合いをさせて頂き、主として歯車装置の損傷や振動騒音等の問題を一緒になって解決していく仕事をしていました。

思い返せば、私は、自動車をはじめとする輸送機械技術に革新が起こり、栄え、そして次第に凋落していく世の動きと共に生きてきました。それはそれなりにやりがいもあり楽しんでこられたと感謝の気持ちでいっぱいです。

メカニズムに興味のある機械好きの私は、同じような趣味の人と色々と対話・議論もさせて頂きましたが、ひょんなことから Motor Fan Illustrated 誌のスタッフと親しくなり、「メカニズムが分かると自動車がもっと面白くなる」という同書の主張がかなり多数の自動車好きに支持され、自動車オタク向けの内容の本の発行を長く継続されていることを嬉しく思っていました。自動車を構成するメカニズムの一部としてトランスミッションが取り上げられるのは私の専門性からは嬉しかったのですが、一方、その基本となる歯車について読者に分かってもらえるような記事がないことやトランスミッションに関する情報もどちらかと言えばメーカーの製品紹介的になる傾向があり、本当の機械好きが満足するだろうかとも感じました。

そこで当時の鈴木慎一編集長に、歯車技術についての連載記事を書かせてもらえませんかと打診をしたところ、快諾を頂き、無味乾燥の学校の授業のような内容ではなく、技術背景、歴史、経済、政治、そして社会と人間をも含んで「The world according to gear specialist」という記事にしてはどうでしょうかという提案を受けました。それに全く同意し、歯車の歴史から始めて、歯車の技術開発はいかに発達してきたか、歯形論、歯車加工法とその進化、歯車の種類、歯車の精度検査、各種歯車装置の構造、歯車の強さ、歯車材料・熱処理、歯車装置の振動・運動騒音、歯車に関わる専門用語等について、歯車技術とは無縁の一般の人にもその全貌が分かるように記述することに務めながら、筆者の心の思いや感想をも主観的に述べて話を進めることにしました。第 77 話からは以前からの知り合いで、日産自動車で定年まで一貫して歯車の研究開発に携わってこられた森川邦彦さんを執筆に誘い、共著で、最新の歯車技術情報や動向をも内容に加えました。そうこうしている内に話が 100 話にも達することになりました。内容的には機械工学の常識的基礎知識をかなり網羅できたと思います。これらの内容は、歯車技術者を志す者にとっては、絶対に知っておかねばならない必須知識だと思います。そこで、これまで連載してきた第 1 話から第 100 話までを再校正し、内容をブラシアップし、また、各話で取り上げた内容の相互の関連が分かるように注記を加筆して、関連する技術や経済・政治的話題等を小話(Small talk)として各話の間に適宜挿入して単行本としました。

太平洋戦争末期に生まれ、戦後の混乱期に幼年を過ごした私は、一生懸命に働けば明日は必ず今日よりも良くなると信じて努力ができた時代を生きてきました。日本は、戦後 50 年で Japan as number one と言われるようになりました。日本人はその経済的豊かさを満喫できるようになりました。しかし、世界のトップに肉薄していた日本の科学技術がそれ以後、あっという間に三流国に凋落してしまいました。現在、新聞やテレビ、さらには WWW(World Wide Web)を駆け巡る情報の量の増加とその質の低下には目を覆うばかりです。

今、世界がこれから進むべき方向として、持続可能な社会を目指すと言っています。次のグラフは近年の各国の景気状況の変化を示しています。世界の殆ど全ての国で経済は inflating で、sustainable な社会を目指していないことは一目瞭然です。唯一の例外が日本です。日本が経済的に取り残されていることが認められます。しかし、見方を変えれば日本はずっと以前に inflating 経済を卒業し、sustainable な社会を実現しているとみることもできます。だけどこのような日本には、今、問題山積です。日本人は現在と近い将来の日本に幸せを感じるのでしょうか。

現在の世界では、現象評価は全て数値に基づく判断しか認められません。しかし、人間の全ての活動の motive force は広い意味での欲望の充足であり、その結果の判断は各々の人の脳内のデータベースとの対比によるものであります。これを数値化して物事の判断することはできないように思いますが、AI が進歩すればそうでなくなるかも知れません。

また、すべての状況判断において、「人間をはじめとする動物の集団は、その 1/3 は善良なもの、その 1/3 は邪なもの、そして残りの 1/3 は日和見である」ことが忘れられてしまっています。AI は将来、これらの状況まで判断できるのでしょうか。神の領域への侵犯と戦争布告ですね。

教育も形式の踏襲ばかりで、人の心を成長させ鍛えることや、師弟の関係や温故知新の有用さも評価されなくなりました。若い人は四六時中、スマホをいじくって情報のやり取りをし、その結果、人と会話ができない子が増え、人の心の動きが分かる本能が鍛えられません。また、挨拶ができるない、「ありがとう」、「済みません」が言えない子が多くなつ

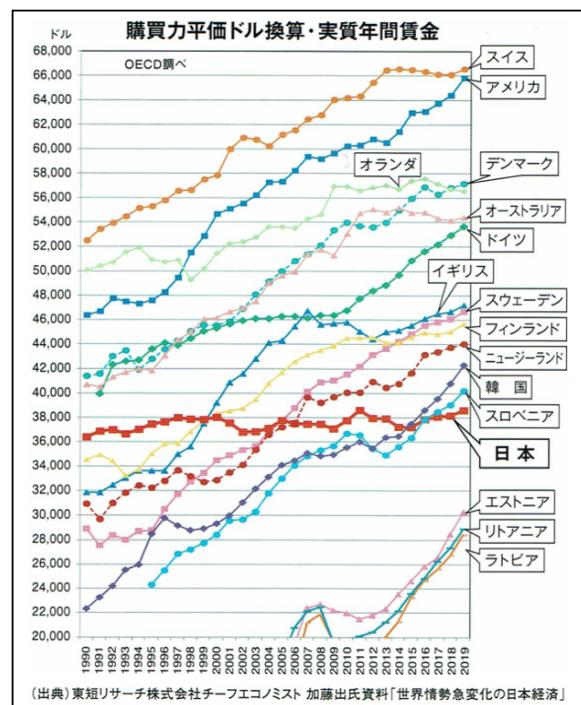
てきています。このよう子らは大人になっても、人とネゴができるようにはならないでしょうし、その結果、人が主役を演じる社会では重要な決定に参加できることになってしまいます。すなわち、このような教育は一兵卒を作るためのもので、指揮官や参謀を作ることはできないものです。前の大戦後、日本を無毒化して役立てるために戦勝国が意図した日本改造計画の成果が見事に現れているのかも知れません。日本にはどこかの大國の番犬として役立つことが期待され、その線に沿って働く日本人が引き立てられて今の日本の構造が出来ました。そして今、日本人の大半はそのような結界の中に閉じ込められていることすら認識できず、その中の小さな平安と豊かさに満足しています。

近年の日本凋落の根本原因は、豊かになった日本の状態を単に維持するために、日本人全体が冒険を恐れ、超々保守的になってしまったことにあるような気がします。そして官僚的整合性、すなわち例えれば研究開発においても、「成果をも詳述した計画書類でなければ裁可されず、そしてそれに完全に整合した成功報告を、たとえそれが似非であっても、しなければならないという意識」が無言のうちに支配的となりました。そしてマスコミがこれを後押しし、また、責任回避に有用なこの方法が官僚のみならず研究者・教育者そして企業経営者をも洗脳してしまったようです。

未知のものに対する取組みは、その開始時において結論が分かっているはずではなく、解明しようとする対象の大局に向かって、作業の過程で得られていく情報を参考しながらその軌道を常に修正し、最大の成果を得ようとするものでなくてはならないはずですが、このような冗長性、軌道修正は現在許されないに等しくなっているようです。これは未知のものに対する物事の進め方の本道とは全く相反するような気がします。しかし日本人の大半は、現状の日本は未だに世界の技術大国であるのだと信じて、過ごしているようです。Japan as number one と言われていた豊かな時代の付けを払わされているのですね。

この本の出版は、このような現状に鑑み、長年、歯車技術に携わってきた歯車屋の目で見た日本の歯車技術衰退に対する憂い、新しい技術の提案をさせて頂くものです。日本再興への何某かの助力になればとの願いでもあります。

技術は人の生の質の向上に寄与するものでなくてはならず、それには脳の働きに対応する先端の IT 技術と、骨・筋肉の働きに対応する基盤技術の双方が重要で、そのバランスが取れていなくてはなりません。近年、基盤技術の代表である機械技術については、骨・筋肉を鍛える努力が全くなされない虚弱児童を作るような状況が進められていますが、本書はそれに対するなにがしかの抵抗でもあります。



(出典) 東洋リサーチ株式会社チーフエコノミスト 加藤出氏資料「世界情勢急変化的日本経済」