



アクアドリルスタブの 特性と切削性能

Drilling Performance of Aqua Drill Stub

キーワード

アクアコーティング、エコ&ECO、経済性、地球環境、高速ウェット加工、ドライ加工

機械工具事業部工具技術部
関口 徹

1. はじめに

機械加工では高速・高能率加工の要求がますます強くなっている。これは、高能率化による経済効果、すなわち、全加工エネルギーの低減、時間短縮によるコストダウンの追求によるものである。

また、世界的に環境に対する意識が高まってきており、作業環境だけでなく、産業廃棄物の低減、地球資源の有効活用など地球環境の保護が急務となってきた。その対策として、機械加工では切削油剤を使用しない「ドライ加工」が注目され、日米欧で実用化へ向けて研究が進められている。ドライ加工により切削油剤に関連したコストが不要になることや付帯的な利点としては廃棄のコスト、後工程の

洗浄が不要になるなど多くの経済効果もある。

当社では、経済性と環境対策の両立を追求することを切削技術のテーマとし「エコ&ECO」（＝エコノミー&エコロジー）に取り組んでいる。「エコ&ECO」の概念を図1に示す。

今回、「エコ&ECO」を可能にしたコーティング超硬ソリッドドリル「アクアドリルスタブ」を商品化したので紹介する。

2. アクアドリルスタブの特長

図2にアクアドリルの外観を示す。アクアドリルスタブとは

Aqua=水（切削油剤）の機能を最大限に活用した
高速ウェット加工

Aqua=水（切削油剤）を必要としないドライ加工を可能にしたドリルを意味し、表面に施されたコーティングが青色（アクアブルー）であるということでネーミングしたものである。

アクアドリルスタブは、次のような特長を有する。

- ①耐熱性、耐摩耗性、耐熱亀裂性に優れた超微粒子超硬合金と耐熱性に優れ、被削材との潤滑性に富んだアクアコーティング（PAT.P）の採用により、ドライ加工及び高速ウェット加工で抜群の性能を發揮する。
- ②従来の超硬コーティングドリルによるウェット加工に比べ、高速ウェット加工では2～3倍の高エネルギー加工が、また、ドライ加工でも従来ウェット加工と同等以上のエネルギーで加工できる。
- ③潤滑性に富んだアクアコーティングと切りくず排出性に優れた溝形状により切りくずが詰まりにく

・NACHIの提唱する「切削技術テーマ」

◆ “エコ”=エコノミー ➡ コストダウンに寄与。

◆ “ECO”=エコロジー ➡ 環境にやさしい。

経済性と環境対策の両立の追求

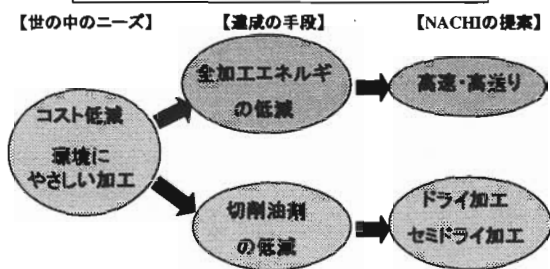


図1 エコ&ECOの概念

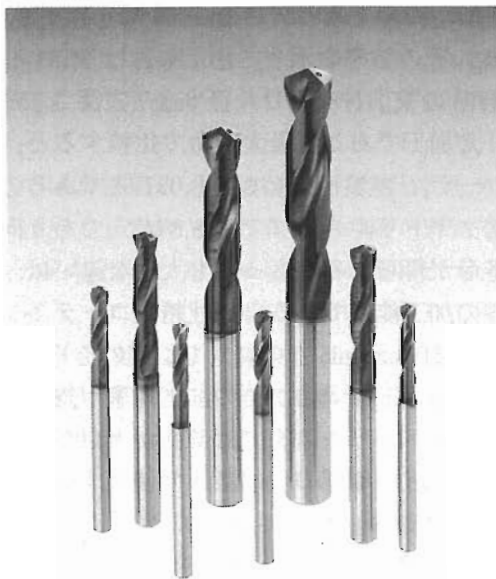
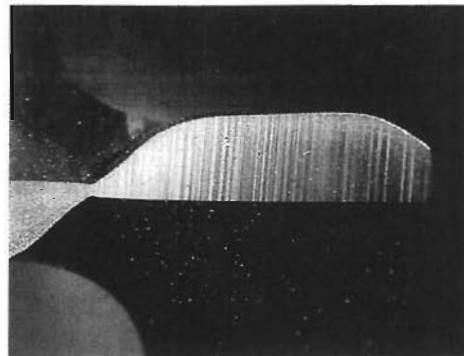


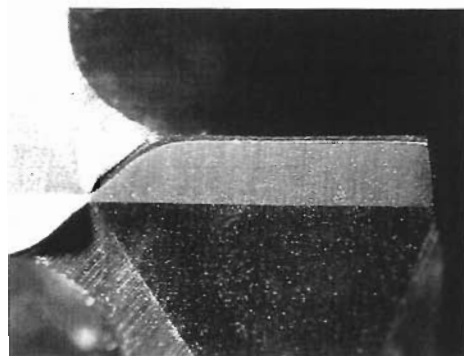
図2 アクアドリルの外観形状

く安定した穴あけが可能である。

- ④耐熱亀裂性に優れた超微粒子超合金と特殊な切れ刃形状 (PAT.P) により耐チップング性に優れ、突然の折損が発生しにくく、信頼性はハイスドリル並みである。



アクアドリルスタブ



一般的な超硬ソリッドドリル

図3 アクアドリルスタブの切れ刃形状

3. アクアドリルスタブの形状

図3にアクアドリルスタブと一般的な超硬ソリッドドリルの切れ刃形状を示す。一般的な超硬ソリッドドリルの切れ刃がほぼ直線であるのに対し、アクアドリルスタブは外周コーナ部がネガ形状になっている。一般に切れ刃が直線の場合、外周コーナ、リーディングエッジは鋭利な形状になり、特に外周コーナで切削速度が最も速く、受ける抵抗も大きくなることから、熱の発生が大きく切れ刃の摩耗及び欠けが進行しやすい。また、ウェット加工では切削油剤の潤滑効果により切りくずの排出はスムーズに行われるが、ドライ加工では潤滑性がないことから切りくず排出時に抵抗が大きくなり、さらにはドリルのリーディングエッジに欠けを生じるといった問題があった。

アクアドリルスタブは切れ刃が外周コーナ部でネガ形状になっているため外周コーナ部及びリーディングエッジの強度が高くなることから摩耗及び欠けが抑制され過酷なドライ加工や高速ウェット加工でも性能を発揮することができる。

4. アクアドリルスタブのコーティング

高速ウェット加工やドライ加工では、前述のように熱の発生が大きいことから、使用されるコーティングには耐熱性、耐摩耗性、靱性が要求される。また、ドライ加工では切削油剤による潤滑効果がないため、熱の発生を抑制し、切りくず排出をスムーズにする必要がある。これらの加工特性を満足するために、アクアドリルスタブには、新たに開発した表層潤滑機能を持った複合多層コーティングを被覆した。

このコーティングはドリルの名称と同様にアクアコーティングと名付けた。

5. アクアドリルスタブによる

高速ウェット加工 (エコ：経済性の実証)

図4に合金鋼 SCM440 の高速ウェット加工による他社品との寿命比較を示す。合金鋼 SCM440、硬さ 310HB の被削材に、ドリル径 6mm、穴深さ 15mm の通り穴を切削速度 100m/min、送り量 0.25mm/rev、

送り速度で 1,326mm/min の高速・高能率条件で加工した。アクアドリルスタブは平均 5,877 穴の加工が可能で、他社品の 2 倍以上の長寿命であった。

次にウェット加工での他社超硬コーティングドリルとの等寿命線図の比較を行った。等寿命線図とは数種類の切削速度と送り量の組み合わせで寿命テストを行い、その結果を解析し縦軸に切削速度、横軸に送り量を取り、一定の寿命になる切削条件の範囲を地図の等高線のように表示したものである。穴あけ数が最も多くなる最大寿命での切削条件は、等高線の頂点での条件になる。また高能率加工条件の曲線は、各々の寿命で最も加工能率を高くすることができる。

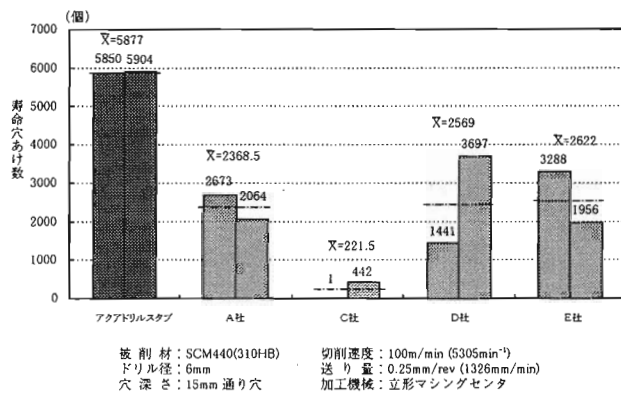
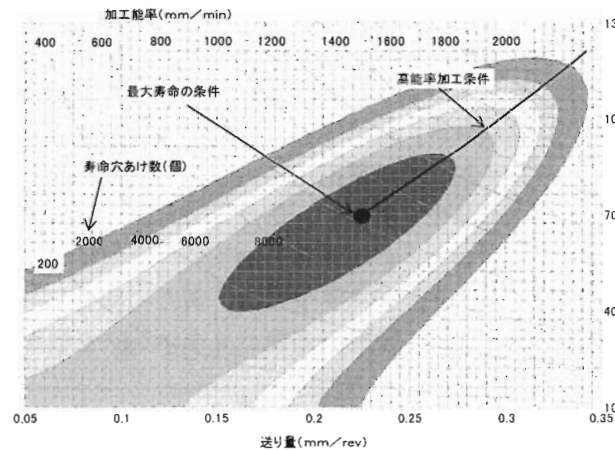
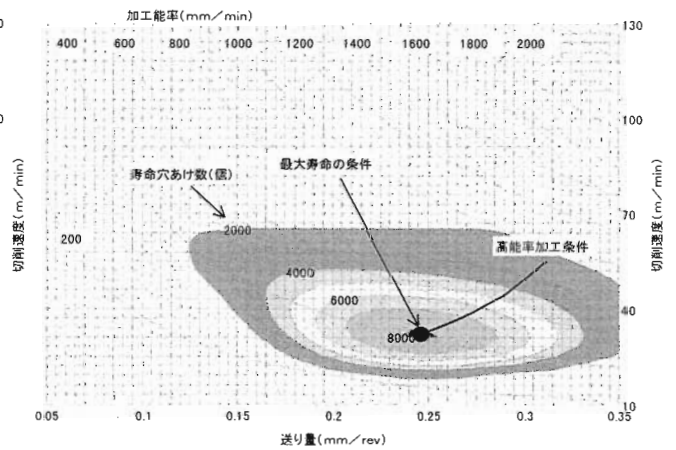


図4 合金鋼 SCM440 の高速ウェット加工による事例



アクアドリルスタブ



D社超硬コーティングドリル

最大寿命の条件

ドリル	寿命穴あけ数 個	切削速度 m/min	送り量 mm/rev	加工能率 mm/min
アクアドリルスタブ	8844	70	0.225	836
D社超硬コーティングドリル	8077	32	0.245	416

ドリル	ドリル寸法	被削材	穴深さ	切削油剤	使用機械
アクアドリルスタブ	φ6×28×72	合金鋼 SCM440 310HB	15mm 通り穴	水溶性	立形 MC BT40
D社超硬コーティングドリル	φ6×28×66				

図5 ウェット加工による等寿命線図

できる切削条件を示している。

図5にその結果を示す。加工条件は SCM440, 硬さ 310HB の被削材をドリル径 6mm, 穴深さ 15mm の止まり穴加工である。最大寿命で比較すると、他社超硬コーティングドリルでは 8,077 穴であるのに対し、アクアドリルスタブでは 8,844 穴であり同等以上の寿命が得られる。もっとも大きな違いは、最大寿命での加工能率である。他社超硬コーティングドリルでは 416mm/min なのに対し、アクアドリルスタブは 836mm/min であり 2 倍の加工能率が得られる。また、アクアドリルスタブは寿命が 8,000 穴の範囲が大きく、広い範囲の切削条件で使用することができる。

6. アクアドリルスタブによるドライ加工 (環境への優しさの実証)

現在、機械加工の主流は、切削油剤を使用したウェット加工である。ドリル加工における切削油剤の効果は、冷却、潤滑、切りくず排出の 3 点である。しかし、ドライ加工ではこれらの効果が期待できないため、切削熱による刃先の軟化、熱亀裂、摩擦熱大、摩耗大、切りくずつまりなどの諸問題が発生する。ドライ化が進んでいるエンドミル加工やホブ加

工は断続切削のため、加工中に切れ刃が被削材と接触しない時間があり、そこで冷却を行っている。また、切削により発生する熱は、切りくずに移行しすぐにオープンスペースに排出される。しかし、ドリル加工では常に切れ刃が被削材と接触し、しかも切りくずは加工した穴とドリルの溝の限られた空間を擦りながら排出されるため切削熱の蓄積が大きくなってしまいます。アクアドリルスタブはこれらの問題を前述のような特徴により克服することができた。

図6に合金鋼SCM440の加工事例を示す。アクアドリルでのドライ加工と超硬コーティングドリルでのウェット加工を行った場合の寿命を比較した例である。合金鋼SCM440、硬さ310HBの被削材に、ドリル径3mm、穴深さ9mmの止まり穴を切削速度30m/min、送り量0.09mm/revの切削条件で加工した。超硬コーティングドリルによるウェット加工での寿命は平均5,638穴であったが、アクアドリルによるドライ加工では平均12,508穴であった。

図7は構造用鋼SS400の加工事例である。アクアドリルスタブでのドライ加工と超硬コーティングドリルでのウェット加工を行ったときの寿命穴あけ数を比較した。ドリル径6mm、穴深さ18mmの通り穴を、切削速度50m/min、送り量0.2mm/revの切削条件で加工した。超硬コーティングドリルによるウェット加工での寿命は平均8,484穴、アクアドリルスタブによるドライ加工では平均7,004穴であり80%以上の性能であった。構造用鋼SS400は切りくずが伸びやすく超硬ドリルでは切りくず処理が問題になることがある。図8に1,000穴目の切りくずの比較を示す。アクアドリルスタブは分断性がよく均一な

切りくず形状を示しており、ドライ加工でも排出性がよく安定した加工が可能である。

図9に炭素鋼S50Cの高速加工の事例を示す。ア

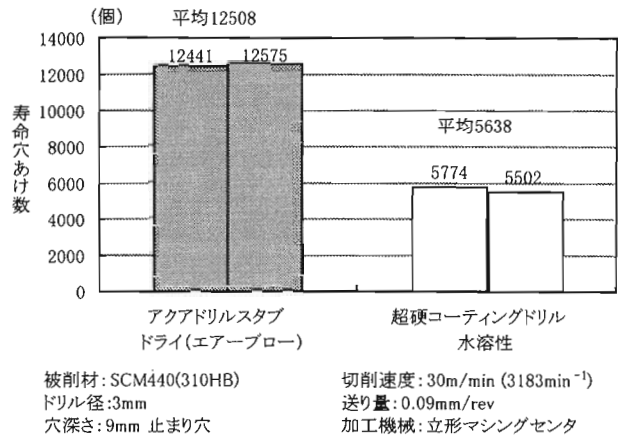


図6 合金鋼SCM440の加工事例

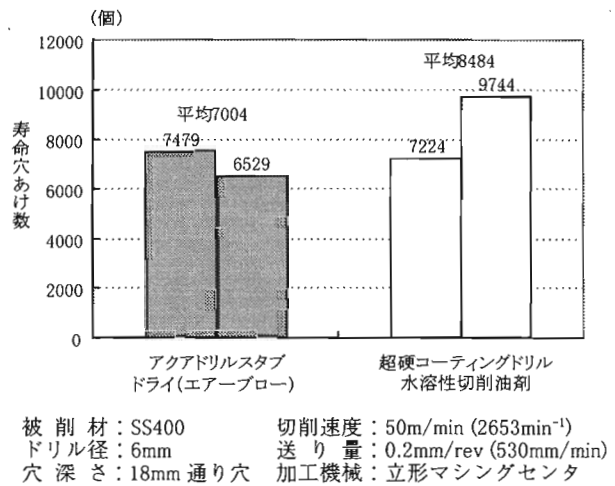
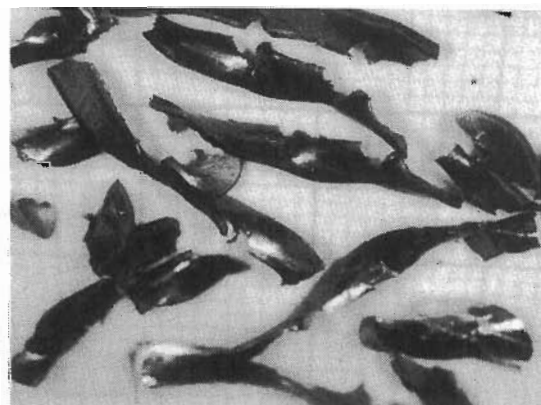


図7 構造用鋼SS400の加工事例



アクアドリルスタブ
 被削材: SS400
 ドリル径: 6mm
 穴深さ: 18mm 通り穴



一般的な超硬ソリッドドリル
 切削速度: 50m/min (2653min⁻¹)
 送り量: 0.2mm/rev (530mm/min)
 加工機械: 立形マシニングセンタ

図8 アクアドリルスタブの切りくず形状 (1,000穴目)

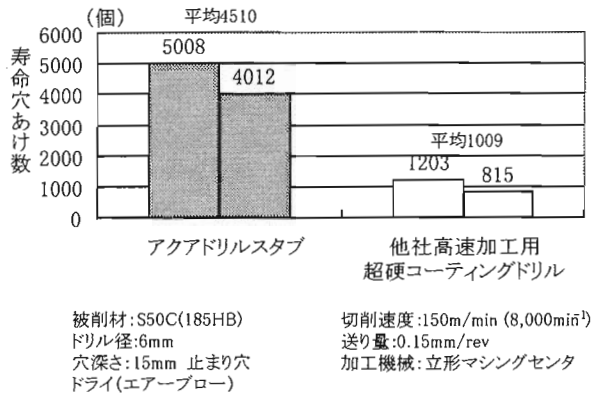
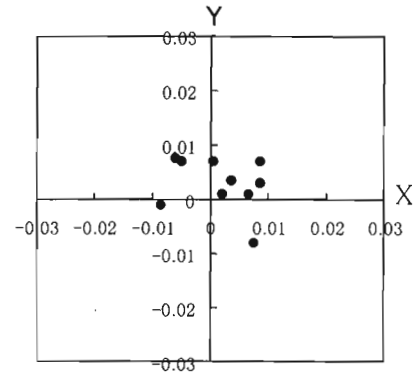


図9 炭素鋼 S50C の高速加工事例



被削材:S50C(185HB) 切削速度:100m/min (5,300min⁻¹)
 ドリル径:6mm 送り量:0.15mm/rev (800mm/min)
 穴深さ:15mm 止まり穴 加工機械:立形マシニングセンタ
 ドライ(エアブロー)

図10 穴位置精度

ドライ加工

	構造用鋼 SS-		合金鋼 SCM-		ダイス鋼 調質鋼 (30~40HRC)		高硬度材 (40~HRC)		鋳鉄 FC, FCD	
	回転数 (min ⁻¹)	送り速度 (mm/min)	回転数 (min ⁻¹)	送り速度 (mm/min)	回転数 (min ⁻¹)	送り速度 (mm/min)	回転数 (min ⁻¹)	送り速度 (mm/min)	回転数 (min ⁻¹)	送り速度 (mm/min)
3	8500	640	6900	520	3700	280	2700	160	12700	1000
4	6400	640	5200	520	2800	280	2000	160	9600	1000
5	5100	640	4100	520	2200	280	1600	160	7600	1000
6	4200	640	3500	520	1900	280	1300	160	6400	1000
7	3600	630	3000	510	1600	270	1100	160	5500	980
8	3200	610	2600	500	1400	270	1000	150	4800	960
9	2800	600	2300	490	1200	260	900	150	4200	940
10	2500	590	2100	480	1100	260	800	150	3800	920
11	2300	580	1900	470	1000	250	700	140	3500	900
12	2100	560	1700	460	900	250	700	140	3200	880
13	2000	550	1600	450	900	240	600	130	2700	840
14	1800	540	1500	440	800	240	600	130	2700	840
15	1700	520	1400	430	700	230	500	130	2500	820
16	1600	510	1300	420	700	220	500	130	2400	800

- ・冷却及び切りくず除去のためエアブローを行ってください。
- ・高温の切りくずやドリルの折損時の火花により火傷や火災の危険がありますので、加工機械は遠へいし可燃物は排除してください。
- ・ワークや機械により振動や異音が発生することがありますので状況に応じて切削条件を変更してください。
- ・アルミニウム合金、軽金属、ステンレス鋼の加工には不向きです。

高速ウェット加工

	構造用鋼 SS- 炭素鋼 S-C		合金鋼 SCM- プレハードン鋼 NAK, HPM		ダイス鋼 調質鋼 (30~40HRC)		高硬度材 (40~HRC)		鋳鉄 FC, FCD	
	回転数 (min ⁻¹)	送り速度 (mm/min)	回転数 (min ⁻¹)	送り速度 (mm/min)	回転数 (min ⁻¹)	送り速度 (mm/min)	回転数 (min ⁻¹)	送り速度 (mm/min)	回転数 (min ⁻¹)	送り速度 (mm/min)
3	16000	1700	11000	1100	7400	780	5300	480	21000	2000
4	12000	1700	8000	1100	5600	780	4000	480	16000	2000
5	9600	1700	6400	1100	4500	780	3200	480	13000	2000
6	8000	1700	5300	1100	3700	780	2700	480	11000	2000
7	6800	1600	4500	1100	3200	770	2300	470	9100	1900
8	6000	1600	4000	1100	2800	750	2000	460	8000	1900
9	5300	1600	3500	1000	2500	740	1800	460	7100	1900
10	4900	1500	3200	1000	2200	710	1600	440	6400	1800
11	4300	1500	2900	1000	2000	690	1400	420	5800	1800
12	4000	1500	2700	1000	1900	700	1300	410	5300	1700
13	3700	1400	2400	950	1700	670	1200	490	4900	1700
14	3400	1400	2300	950	1600	660	1100	390	4500	1600
15	3200	1400	2100	900	1500	650	1100	410	4200	1600
16	3000	1300	2000	900	1400	630	1000	380	4000	1600

- ・ワークや機械により振動や異音が発生することがありますので状況に応じて切削条件を変更してください。
- ・アルミニウム合金、軽金属、ステンレス鋼の加工には不向きです。
- ・ご使用の機械の最高回転数が基準切削条件に達しない場合は、最高回転数でご使用ください。その場合送り速度も同じ比率で下げてください。

図11 アクアドリルスタブの基準切削条件

クアドリルスタブとドライ加工も可能としている他社高速加工用超硬ドリルの寿命比較を行った。ドリル径 6mm, 穴深さ 15mm の止まり穴を切削速度 150m/min, 送り量 0.15mm/rev, 加工能率では 1,200mm/min の切削条件で比較した。他社高速加工用超硬ドリルは平均 1,009 穴で折損したのに対し, アクアドリルスタブは平均 4,510 穴であり, 寿命差は 4 倍以上であった。高速加工においても他社品と比較し, 圧倒的な性能差を示している。

図 10 に穴位置精度を示す。炭素鋼 S50C をドリル径 6mm, 穴深さ 15mm の止まり穴を切削速度 100m/min, 送り量 0.15mm/rev, 加工能率では 800mm/min の切削条件で加工し, 狙いの位置に対する穴中心の位置ずれ量を測定した。穴位置精度は 0.015mm 以内に入り優れた穴位置精度を示している。

7. アクアドリルの使用上の注意点

アクアドリルスタブの基準切削条件を図 11 に示す。ウェット加工とドライ加工では切削条件が異なることに注意いただきたい。ドライ加工では従来の超硬ソリッドドリルと同等の切削条件で使用することができ, ウェット加工では, 従来の超硬ソリッドドリルの 2~3 倍の高エネルギー加工が可能である。

特にドライ加工では次の点に注意いただきたい。

- ①冷却及び切りくず除去のためエアブローを行う。
- ②高温の切りくずやドリルの折損時の火花により火傷や火災の危険があるので, 加工機械は遮へいし可燃物を排除する。特に油性切削油剤使用後の残留油へ引火に注意する必要がある。

8. おわりに

今回紹介したアクアドリルスタブは, ウェット加工及びドライ加工のどちらにおいても非常に高性能なドリルである。しかし, 限界加工穴深さの延長や尽きることのない高速・高能率化への要求など残されている課題もあり, アクアドリルスタブの改良, シリーズの展開を行いこれらの要求に応えていきたい。