



# 未来予想図 IoT時代に向けた研削技術の展望

## IoTにより変わりゆくものづくりの現場

[著者] 五十君 智 工業機材事業本部 技術本部 研削ソフト技術部 加工技術グループ

研削工具および研削加工とIoTとの関わりおよびそれによってもたらされる期待効果について

### 時代は「IoT」

「最近、IoTという言葉をよく耳にします。」という書き出しを色々なところで目にする様になりだして数年が経ったでしょうか。IoTという言葉は1999年には使われ始めていたと言われており<sup>①</sup>、その言葉が持つパワーに何か我々の生活が大きく変わってしまうのかと戦々恐々とした私もその一人です。あらゆる「モノ」がインターネットで繋がり、クラウド上に情報を蓄積する。それをAIを使って分析<sup>②</sup>し情報（アウトプット）をフィードバックすることで然るべき処置に繋げるという一連の流れがIoTのモデルイメージです。図1にモデルイメージを示します。

実際、私はアナログ時代の人間ですので、身近なところでその恩恵に預かっているという実感を持つことは少ないです。しかし、たとえば私がコンビニで買い物をしたら、買ったものや時間、私の見た目年齢といった情報はクラウド上に蓄積されているかもしれません。よく考えてみると先日インターネットショッピングで購入した趣味の釣り竿を待ちきれず、今どこにあるか配送状況を何回もスマートフォンで調べているのもある種のIoTかもしれません。IoTは確実に「検証」の時代から「実装」の時代に移り変わっており、ものづくりの現場においてもIoTを取り入れることで「ものづくりの高度化」が成され始めています。

図1 IoTのモデルイメージ





## ものづくりにおけるIoTの活用

ものづくりの現場でIoTを活用すると、以下の様な効果やアウトプットを得られることが期待されます。

- ・製造ラインの最適稼働
- ・製品のトレーサビリティ\*
- ・加工条件の最適化
- ・加工不具合の検知、予知
- ・製造設備の故障検知、予知
- ・品質不良の低減
- ・製造ラインの省人化(自動化の促進)
- ・開発、営業判断、経営判断のための情報入手 等

実際に工作機械においても機械振動や機械各部の温度、加工抵抗などから故障を予知し、事前対処できるシステムが発表されていたり、様々な生産データを生産計画や在庫管理、トレーサビリティにいかす試みが行われています。これらの動きは現状、基本的には工作機械メーカーが主導しているイメージであり、各社が様々なシステム形態を模索、提案しています。

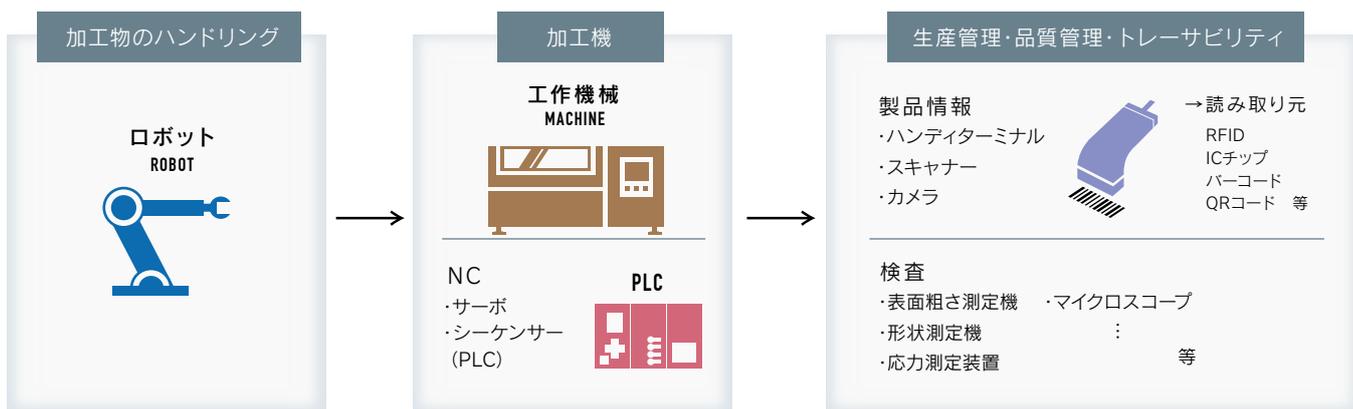
その様な状況において、研削工具メーカーであるノリタケには何ができるのでしょうか。今、ノリタケが捉えるべき世の中の“要望”とは？ それを考えると、研削業界の未来の姿が見えてくるのではないかと考えているのです。

## なにはなくともIoTのスタートはセンシング!

IoTの根幹でもある「データ収集」ですが、ものづくりの現場でデータを得るために用いられるデバイスはいくつかありま

す<sup>③</sup>。図2にその一例を示します。

図2 ものづくりの現場で用いられるデバイス



現在研削加工において、工具やワークの状態を判断することに対してどのようなデータが用いられているでしょうか。状態をモニタリングできるデータとその活用方法の一例を表1に示します。

表1 研削加工において主に用いられるデータとその活用方法の一例

データ	活用方法の一例
消費電力値	研削工具の切れ味の良否判断に対する指標
ワーク寸法	ワークの出来栄え、研削工具の切れ味の良否判断に対する指標
研削温度	ワーク品質への影響に対する判断指標
研削音	研削工具の切れ味の良否判断に対する指標
振動加速度	研削砥石の動バランス※修正
AE波	研削砥石とドレッサの接触検知
工具摩耗量	研削工具の寿命評価

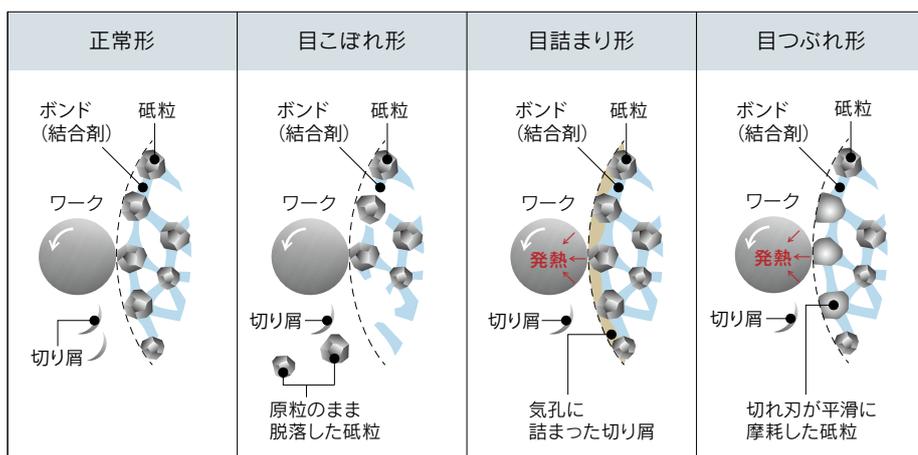
これらのデータから得られた情報を活用することで、研削加工の高度化が見込まれます。

その中でも特にノリタケが着目しているのは「AE波」です。

「AE」とはAcoustic Emissionの略で、物質が変形したり破壊したりする時に放出される音波（弾性エネルギー）のことです。AE波を測定することで破壊に至る小さな変形や微小クラックの発生・進展を捉えることができ、実際に材料や構造物の欠陥や破壊の発見・予知に使われています。技術としては古くから用いられており、ノリタケにおいてもAE波をタッチセンサー（ドレス時において研削砥石とドレッサの接触を検知する）として利用する「スーパータッチャー」という製品があり、多くのお客様にご使用いただいています<sup>[4]</sup>。

しかし、このAE波が物質の変形や破壊により発生するということを考えてみると、研削においてもっと広い用途が考えられるのではないのでしょうか。研削加工は切削加工と同じく、ワークを削り取る除去加工であり、研削砥石は切れ刃である砥粒が割れたり、ボンド（結合剤）が破断したりして「自生発刃」※を起こしながら消耗される工具です。詳細な解説は今回割愛しますが、研削砥石においては図3に示すような主に4つ

図3 研削砥石の4形態



の形態が見られます<sup>5)</sup>。また、ワークは、局所的な切削現象により塑性変形や脆性破壊をおこしています。これらの現象により発生するAE波を捉えることができれば、研削砥石の4形態を検知することができる可能性があります。これを研削盤の制御にいかせないか？と考えているのです。

研削砥石における4形態を判断するために検知する必要がある現象として、①切れ刃に相当する砥粒とワークとの切削現象、②砥粒を保持するボンドの破壊、③切れ刃である砥粒の破碎(破壊)などがあります。それぞれ現象は異なった周波数のAE波を発生させていると考えられ、加工中に得られるAE波を測定することでこれらを捉えることができる可能性があります。図4にAE波と研削現象の相関イメージを示します。横軸はAE波の周波数帯、縦軸はAE波(AE波振幅)強さを表しています。

しかし、これら微小領域でのAE波を捉えるのは簡単ではありません。図5に加工機周辺環境に存在する様々な振動の

源を示します。加工機周辺にはモーターやポンプ等の駆動による振動、歯車の噛み合いによる振動、ベアリングによる振動、送り駆動系(テーブル移動等)による振動など、様々なノイズとなる振動が発生しており、必要な信号だけを収集することは困難を極めます。さらに、現在使われているAEセンサーの多くは加工点から離れた場所に取り付けられ、配線や設置場所の制約もあります。

図4 AE波と研削現象の相関イメージ

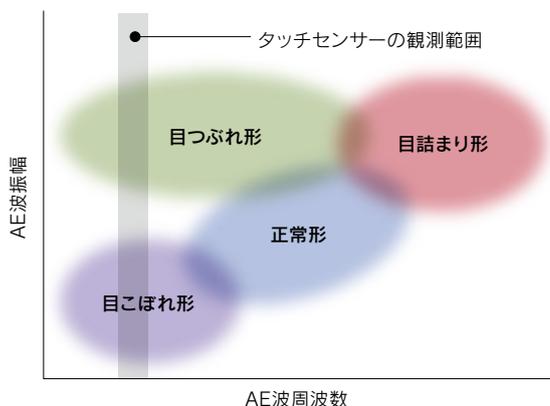
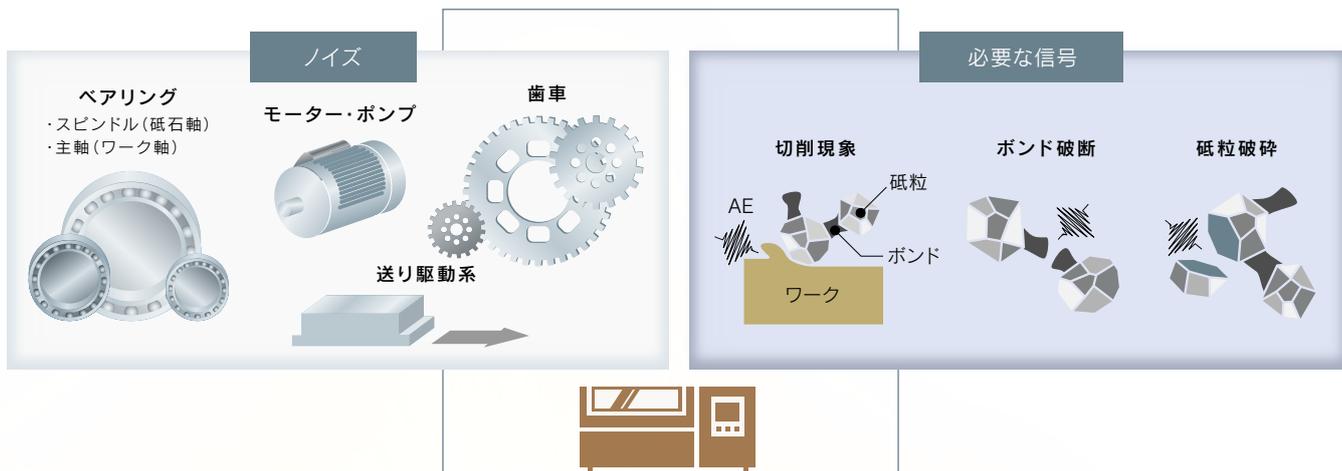
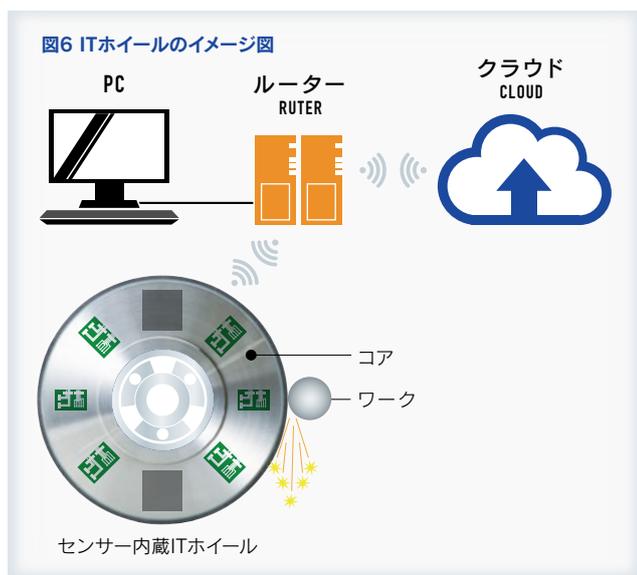


図5 研削加工における振動の発生源



## 未来型研削工具のITホイール

そこでノリタケとして開発に取り組んでいるのがAEセンサー内蔵ホイール「IT (intelligent) ホイール」です。ITホイールはホイールのスチールコア<sup>※</sup>内にAEセンサーを内蔵することで、加工点近傍のAE波を測定しようとしています。それにより、今まで測定不可能だった加工点で発生しているクリアな状態の信号をキャッチできる可能性があります。これを実現するため、センサーで得られた高サンプリングレート<sup>※</sup>の波形データを高速無線通信によりルーターを介して解析用PCに送る技術の開発に取り組んでいます。図6に全体のイメージ図を示します。



## ITホイールによる研削現象の見える化

ITホイールによって得られたAE波データに周波数解析を施すと、加工中のワークが変形する際や研削砥石のボンダが

破断する際、砥粒が破砕する際に発生する特定周波数の強度を知ることが可能になるかもしれません。これを監視し、研削盤へフィードバックすることで、加工条件の自動制御や異常発生の検知等に使える可能性があるのではないかと考えています。

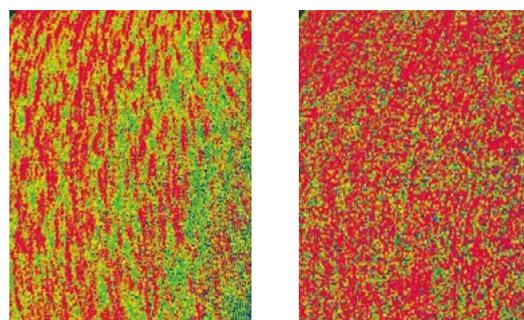
## 期待されるITホイールの活用

ITホイールの開発思想を述べさせていただきましたが、これを使って得られる可能性があるアウトプットを下記にまとめます。

- ・研削条件の自動制御によるサイクルタイム向上や歩留まり向上
- ・加工異常の検知による高度な品質管理
- ・研削砥石表面状態が見える化することによるドレスのトリガー<sup>※</sup>制御（図7にそのモデルイメージを示します）
- ・ワーク品質を予想し、検査工程の簡略化

その他にノリタケは研削工具メーカーとして、研削加工メカニズムの解明や研削砥石スペックのフィッティング、最適工具の要件の判断（工具開発の方向性決定）など、センサーとしての用途はIoTの具現化に留まらず広がりを見せると期待しています。

図7 ドレス後の研削砥石表面状態が見える化したモデルイメージ



NG：不均一

OK：均一

以上、研削加工の未来予想図としてIoT思想に基づく自動化、異常検知や予測、見える化の実現に伴うものづくりの高度化について述べさせていただきました。また、研削工具メーカーであるノリタケが急速な変化を見せる業界のトレンドを掴むべく誠意開発中のITホイールについても紹介させていただきました。変わり始めているものづくりの現場の“要望”がまさにここにあるのではないのでしょうか。

我々の思想を実現するには解決しなければならない技術的な課題がまだ多く残されています。しかし、未来を見据えた開発を持続的に行うことで研削加工におけるリーディングカンパニーになるべくノリタケは進み続けます。



#### [注釈]

※トレーサビリティ：物の流通経路が追跡可能な状態

※動バランス：研削砥石を回転させた状態でみた研削砥石のアンバランス量

※自生発刃：砥粒先端が摩耗して鈍化すると砥粒が局部的に破砕し新しい切れ刃が再生される。破砕が繰り返された後に砥粒の保持力が一定以下になると最終的に砥粒は抜け落ち、下層から新しい砥粒が現れ切れ味が継続される現象

※コア：研削砥石の使用層を張り付けるポディー部(台金)

※サンプリングレート：アナログ波をデジタルデータ化する際に単位時間あたりに標本を得る頻度

※トリガー：動作させるきっかけおよびその機能

#### [文献]

① デジタルビジネスを支えるIoT特集によせて、NEC技報、70.1 (1997) 8.

② 須藤雅子：オープン型プラットフォームFIELSystemについて、精密工学会第385回講習会、東京理科大学 葛飾キャンパス、2016年12月、385 (2016) 12.

③ I/O編集部：IoTがわかる本、株式会社工学社 (2015) 36.

④ 汎用品カタログ Vol 3、ノリタケカンパニーリミテド (2016).

⑤ 五十君智：研削砥石の選び方、機械技術、65. 4 (2017) 31.