

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 7 日現在

機関番号：13102

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010 年度～2012 年度

課題番号：22560106

研究課題名（和文）薄板精密押抜き加工の高速切断への新展開

研究課題名（英文）Advanced high speed form processing with respect to a multiple-layered flexible thin sheet

研究代表者

永澤 茂 (NAGASAWA SHIGERU)

長岡技術科学大学・工学部・教授

研究者番号：40198312

研究成果の概要（和文）：

## (1) 高速切断画像の観察と高速不完全切断の診断

板紙と AC 板材の直状パンチ機構によるせん断の画像解析を進めている。加工速度と刃先隙間に依存して脆性樹脂の亀裂進展が分岐する様子を明らかにした。亀裂進展は負の隙間を設定することで抑制できることが明確になってきた。超音波励起の制御パターンを変えて切口形状の安定制御法を開発し、国際会議で発表した。半熔融押抜き加工の切断面形状を観察できるようになった。高速カメラによって板紙の搬送運動(跳びはね現象)の観察をできるようになったことは大きな前進である。

## (2) シミュレーション

段形状積層材の変形挙動について、平板部の異方弾性ならびに中芯部の塑性座屈挙動を考慮した組み合わせモデルを提案し、実際的な変形現象を再現できるようになった。また、脆性材樹脂と柔軟シリコンゴムの切断挙動に対して、亀裂と変形を再現するモデルの開発中であり発表準備中である。

## (3) 薄板のパターン抜き工法,実験観察

波形刃を使った厚さ 13 $\mu\text{m}$ , 25 $\mu\text{m}$  の PET 薄板の切断特性について、パターン抜きに叶う刃先の波形を設計・製作し、実験的に解析を進めた。従来の市場になかった新しい機構を考案し、同時に既存のプレス機(平盤機)で採用可能な条件を考慮して、いくつかの波刃の形状とその切断性能について実験解析を行ったものである。これについて学会講演会等で発表を行った。

研究成果の概要（英文）：

## (1) Monitoring of cutting motion and diagnosis of imperfect separation state

Shearing process of thick paperboard and AC resin thick sheet was monitored using the high speed camera introduced by this fund. Some cracking patterns of AC thick sheet were revealed and the shearing performance depended on the punch velocity and the clearance. It is recently revealed that the cracking patterns of AC sheet are able to control when the overlapping clearance is considered. When a wedge blade is excited by the ultrasonic vibration, and its excitation mode is chosen from several specified patterns, the stability of sheared profile of PC resin sheet is increased. Partially melted zone of AC thick sheet is activated by using the ultrasonic vibration of a wedge blade. This phenomena is superior for stably cutting the thick sheet. However, its optimal condition is not revealed yet. Using the introduced high speed camera, a card dropping motion can be analyzed. This is useful for knowing a dynamic behavior of the card collided to a counter floor.

## (2) Simulation

Regarding the deformation characteristics of a corrugated fiberboard structure, a new mechanical properties model called as the combination model was introduced. This combination is composed of an orthotropic elastic liners (based on In-plane tensile testing) and an isotropic elasto-plastic medium (based on Ring Crushed Test). Using

this model, three dimensional rotary creasing was analyzed using an FEM code. This simulation result was similar to a bench marked experiment with respect to the deflection of inner liner and medium. Regarding a fragile resin and a flexible rubber models, we have developed a curve-fitting non-linear elastic model and a pattern based cracking model (VCCT). Shallow indentation of blade to the worksheet was numerically analyzed and its results fairly explained about the experimental cracking behaviors.

(3) A new method: development of thin film form cutting die

In order to cut off a thin PET film (a thickness of 15 $\mu$ m, 25 $\mu$ m) without any crushing of cutter edge, several waveform blades were designed and implemented to an original die set (a new die structure). Its cutting performance is going to be presented in various workshops.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	3300,000	990,000	4290,000
2011年度	300,000	90,000	390,000
2012年度	100,000	30,000	130,000
年度			
年度			
総計	3700,000	1110,000	4810,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・生産工学・加工学

キーワード：成形加工，AE 診断技術

1. 研究開始当初の背景

包装用板材の加工技術は印刷技術とともに発展してきているが、機械的加工については、理論的な基盤がなく現場の経験知識が主流であった。これに対し申請者らは多くの現象を解析し、実験室において再現する試みを行って基礎研究の成果を蓄積してきた。従来不明であった刃先の潰れ形状と異方性積層材の変形破壊特性が重要な加工性因子であることを解明してきた。厚さ 0.1~1.0mm 程度の板紙およびフィルム等の板材について、くさび刃を活用した精密寸法の経済的な高速切断という利点を生かすべく、押抜切断の力学を探索してきた。さらに刃先が加工板ならびに対向面板に噛合う時に発生する音響振動を計測して、刃先の切味と板材の端部形状の診断評価を行う基礎研究を行っている。くさび刃物の耐久性と摩耗に関しては、産業用鋸刃等の表面改質や被覆技術の適用が試みられているが、刃先を潰す加工法の業界にあっては、しかも経済性を優先するために、研究成果は少なかった。型工具市場全般でみた場合、切離しとエンボス成形の改善に関して温度制御や超音波を付加したり、引切りを積極的に利用できる機構を採用して、その切断性を研究した事例は幾つか見受けられる。また、被加

工板材の需要動向ならびに押抜工法の需要をみると、薄板の寸法精度を維持して高速で経済的に加工できる優位性を持ち、様々な新しい材料が供給されてきている。

押抜は、レーザ加工などの点切断と違って型全体を帯刃によって一括処理するため、板材のひずみ抑制と全体寸法の安定性が高いことが利点である。反面、膜状の薄板材に対しては、帯刃の加工形状精度の観点からくさび効果が減少し、延性材については切り離しが困難となる。

また切断性の操作因子として、面内方向の張力の影響、下敷き変形の影響、しわ押さえ効果、加熱成形、超音波引切り効果等があり、これらの組合条件における加工限界を被加工材料に対応して評価する必要がある。

マイクロレベルの彫刻型刃を制作し押抜工法を活用することは工業上有意義である。特に液晶フィルムや脆性絶縁薄膜のような糊層を持ち 5 ~10 $\mu$ m の薄板積層材を対象とした複雑形状の抜加工への需要は今後増すと考えている。高速で安定した押抜加工法を發展させるため、柔軟下敷き材と被加工材の精密位置拘束のマイクロレベルでの実装と引切り無しの超音波付加を伴う加工性能の解明が基盤技術として期待された。さらに材料の切断

性を現場で診断する手法として AE などの音響技術が期待できた。これらの診断技術の活用ならびに加工法の優位性と限界を明らかにするために、糊層の有無を考慮して樹脂薄板の積層材の抜加工実験を行い、加工特性向上を目的とした新たな手法の開発および評価に必要な因子の取得法が期待された。

## 2. 研究の目的

本研究では、光学系樹脂として注目される PC (Polycarbonate), AC (Acrylic) 材ならびに段板紙構造体を型抜きする過程における部材の割れや流動に対して、これまで研究してきた「くさび刃の超音波励起工法」を使った高速切断法を提案して、実験ならびに数値計算によって、その基本的な加工性能と動的安定性に関する機械的条件を明らかにする。即ち、送り速度 0.5~12mm/s 程度のデジタル制御プレス機を備えるとともに、2 段刃先を製作し、(a) 切り口のだれと割れの解明、(b) 超音波励起による高速押込み時のくさび刃の切れムラ解消と鏡面仕上性ならびにその動作性能、(c) 糊層を中間に持つ積層板材の重ね切り押抜変形挙動、(d) 切れムラ緩和制御下の切断音響を用いた診断解析を行う。申請者らは、先端角度  $\alpha=30\sim90^\circ$  のくさび刃を用いた厚さ  $t=5\sim100\mu\text{m}$  の薄板や  $t=0.2\sim2.0\text{mm}$  の厚板の押抜加工の研究を進めている。重ね切りにおける摺動面の摩擦条件により荷重応答における複雑分岐現象が最近確認されている。摩擦係数が大きく変動し、摺動面で不安定に凝着しやすい材料の切れムラは、薄板に起因する困難さだけではなく、摩擦を介在する変形モードの不安定分岐による現象も含んでいる。また、糊のはみ出しに関して適正な刃先速度の選定と刃面圧力の制御が必要である。糊層があるときの圧力制御は、刃の性能評価に重要であり、機械因子の解明が求められる。これと上表面のしわ抑えとの組み合わせによって切り離しの変形特性が影響を受ける。高速押抜時の切れムラの解消のため、既存の超音波励起装置において励起タイミングを制御する装置を導入して切断荷重応答と変形流れ現象を解析する。即ち、過剰摺動加熱の回避と低密度攪拌摺動による潤滑効果を適正に配分する工法を模索する。このため、高速撮影カメラを導入してこれらの状態性能を評価する。さらにこのときの切断音響・振動を計測し、診断可能性を追求する。

## 3. 研究の方法

1) AC 材、段板紙のくさび刃による高速押抜きを行って板材の流れ変形と切刃ならびに下敷の変形挙動について、高解像度高速ビデオカメラによる可視化を行って現象を解明する。10mm/s を超える速度では動特性が顕著に変化することが確認されつつあるので、まず高

速押込み時の現象を解析する。

2) PC 材に対して、超音波装置の励起タイミングを押込位置に合わせて、所定の位置で短時間の励起を付与することで、切れムラの解消と凝着の回避を目指す切断性能を解析する。

3) 薄板のパターン抜き工法の展開として、厚み 0.9~0.7mm の鋼製ならびに超硬合金製帯刃の先端面に、例えば波形や円環模様を EDM によって型彫りし、薄板の押抜きを行って、切断安定性を解析する。

4) 異方弾塑性材である段板紙の加工変形の FEM シミュレーションに関して、異方物性の簡易モデルを導入することで、予測精度の向上したモデルを開発する。

## 4. 研究成果

1) 高速切断画像の観察と高速不完全切断の診断

カメラの装着治具が製作され、高速切断時の動画撮影が進められた。重ねた板紙、PC 板、AC 板または下敷き上の PC、AC 板材の高速押抜きの画像解析を進めている。超音波励起タイミングのパターンを変えて押抜きの切断抵抗の変化と不完全切断の緩和効果を観察できるようになった。制御装置の 1 次改造がすみ、基本的なパターン動作を実現できた。設備性能の都合もあり、平成 22 年度までに開発した制御装置によって制御効果を解析した。導入した高速カメラによって、重ねた板紙の高速切断時動的過渡運動(跳びはね現象)の観察をできるようになり、破断機構と動的挙動の関係を解析できるようになった。

光学用樹脂の切り口品質に関連した加工性について、厚板の突っ切り加工特性に関して発展成果を得た。そのときの変形挙動について実験に基づく現象の解明を行った。

### 2) シミュレーション

積層材のすべり挙動について、分岐的变化を考慮した複雑な現象を解明しつつある。これと高速カメラによる現象観察とを組み合わせた現象の説明が進められた。

せん断抜き機構を使った厚板 AC、PC 材の亀裂進展に関する速度依存性を実験と計算から解明した。高速カメラの特性を活かして中空構造体と板紙の変形挙動についても画像解析を行えるようになった。切断部の局部座屈現象の解明にカメラが役立っている。

PC 材を重ね合わせた状態でのすべり挙動について、摺動面の摩擦不安定性に関する数理モデルを提言し、シミュレーションモデルの開発を行った。低速すべりにおける変形モードを摩擦係数の組み合わせ分岐として解明して、学会発表ならびに雑誌論文として発表した。

これに関連して、延性破断モデルの導入を行って、板材のくさび切断における摩擦の影

響を伴う最終破断現象を数値的解析から考察を行った。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 15 件)

(1) Shigeru Nagasawa, Yuuya Masaki, Masatoshi Fujikura, Nopparat Lukkanasirikul, and Yasushi Fukuzawa, ANALYSIS OF CUTTING CHARACTERISTIC OF POLYCARBONATE SHEET SUBJECTED TO WEDGE INDENTATION BY KNIFE EDGE AND GROOVED PLATE, Machining Science and Technology, 査読有, 15, (2011), pp.110-131, DOI: 10.1080/10910344.2011.557973#.UbaA2-vD1T4

(2) Shigeru Nagasawa, Tomohiro Takamatsu, Yasushi Fukuzawa, and Yusuke Tozuka, Creasing Characteristics of A-Flute Corrugated Fiber Board Using a Rotary Creaser with Respect to Breaking Strength, AIP Conference Proceedings, 査読有, 1315, (2010), pp.24-27, DOI: 10.1063/1.3552312

(3) Shigeru Nagasawa, Yuuya Masaki, Yasushi Fukuzawa, Yoshiharu Mutoh, Bending Effect on Cutting Characteristics of Polycarbonate Thick Sheet Subjected to Indentation of Heightwise-Asymmetric Wedge Blades, Advanced Materials Research (Materials and Manufacturing Technologies XIV), 査読有, 445, (2012), pp.68-72. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.445.68

(4) Seksan Chaijit, Shigeru Nagasawa, Effect of Underlay Rigidity on Breaking Behavior of Aluminum Sheet during Wedged Shearing Process, Applied Mechanics and Materials, 査読有, 117-119, (2012), pp.1693-1700. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.117-119.1693

(5) Shigeru Nagasawa, Mohd Nasuruddin, Yoshiaki Shiga, Bending Moment Characteristics on Repeated Folding Motion of Coated Paperboard Scored by Round-Edge Knife, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 査読有, 5(4), (2011), pp.385-394, DOI: 10.1299/jamdsm.5.385

(6) Shigeru Nagasawa, Masatoshi Fujikura, Yasushi Fukuzawa, Takashi Kajizuka, Deformation behavior of corrugated medium during wedge indentation into heightwise-corrugated paperboard, 日本包装学会誌, 査読有, 20(4), (2011), pp.283-292.

(7) 永澤茂, 板紙類の型抜き加工の研究 - これまでとこれから, 日本包装学会誌, 査読無, 20(4), (2011), pp.263-272.

(8) Shigeru Nagasawa, Masatoshi Fujikura, Yasushi Fukuzawa, Finite Element Analysis of Cutting Deformation of Stacked Polycarbonate Sheets Subjected to Two-Line Wedge Indentation,

Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, 査読有, 5(12), (2011), pp.721-731, DOI: 10.1299/jmmp.5.721

(9) 緒方 雄一, 永澤 茂, 福澤 康, 山下 健, 猿渡 賢一, 段板紙の段筋方向切断における中芯の変形挙動, 塑性と加工, 査読有, 52(610), (2011) pp.1213-1217.

(10) Shigeru Nagasawa, Kiminori Sato, Mitushiro Murayama, Yasushi Fukuzawa, Effect of Tool Condition on Bending Characteristics of Polyethylene Terephthalate Board Subjected to Iwo-Line Wedge Indentation, Proceedings of the 10th International Conference on Technology of Plasticity, 査読有, (2011), pp.984-989.

(11) 永澤 茂, 樹脂板の押抜き加工の研究 (積層材の切断特性と摺動安定性), 塑性と加工, 査読無, 53(622), (2012), pp.968-972.

(12) Shigeru Nagasawa, Yuki Komiyama, Pusit Mitsomwang, Finite Element Analysis of Corrugated Board on Rotary Creasing Process, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 査読有, 7(2), (2013), pp.103-114. DOI:10.1299/jamdsm.7.103

(13) Pusit Mitsomwang, Shigeru Nagasawa, Seksan Chaijit, Masatoishi Fujikura and Yoshiharu Mutoh, Effect of Underlay Stiffness on Cutting Profile of Polycarbonate Sheet during Wedge Indentation Process, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 査読有, 6(7), (2012), pp.1168-1179. DOI: 10.1299/jamdsm.6.1168

(14) Shigeru Nagasawa and Yuki Komiyama, Effect of Scoring Condition on Creasing Characteristics of Double-Wall Corrugated Board, 査読有, 6(7), (2012), pp.1263-1272. DOI: 10.1299/jamdsm.6.1263

(15) Shigeru Nagasawa and Yuki Komiyama and Yasushi Fukuzawa, Effect of excited duration on cutting characteristics of polycarbonate sheet subjected to center-bevelled blade indentation excited by ultrasonic wave, Procedia CIRP, 査読有, 6, (2013), pp.546-551. DOI: 10.1016/j.procir.2013.03.015

[学会発表] (計 45/ 62 件)

① Shigeru Nagasawa, Tomohiro Takamatsu, Yasushi Fukuzawa, and Yusuke Tozuka, Creasing Characteristics of A-Flute Corrugated Fiber Board Using a Rotary Creaser with Respect to Breaking Strength, INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN MATERIALS AND PROCESSING TECHNOLOGIES (AMPT2010), 25 October 2010, Paris (France).

② Hiroyuki KISHI, Tetsuo KATO, Shinya KANAI, Ken YMASHITA, Shigeru NAGASAWA, Yasushi FUKUZAWA, THE ESTIMATION OF DEFORMATION BEHAVIOR

OF COATED LAYER OF THE PAPERBOARD IN THE SCRATCHING TEST WITH AE METHOD, 20th International Acoustic Emission Symposium, November 19, 2010, Kumamoto (JAPAN).

③ 藤倉正俊, 祝田淳史, 永澤茂, 福澤康, 梶塚孝士, Corrugated board の段筋方向押抜きにおける中芯変形挙動の観察, 日本包装学会第 19 回年次大会, 2010 年 7 月, 文京区 (東京大学).

④ Masatoshi Fujikura, Nopparat Lukkanasirikul, Shigeru Nagasawa, Yasushi Fukuzawa, Seksan Chaijit, FEM Analysis of Plunge Cutting Characteristic of Polycarbonate sheet subjected to wedge indentation by knife edge and grooved plate, H22 年度塑性加工春季講演会, 2010 年 5 月 29 日, 調布市.

⑤ 円谷公一, 永澤茂, 福澤康, Supalak SUPAPAKORN, 印刷用板紙における塗工層の機械的特性評価, 日本機械学会年次大会, 2010 年 9 月 8 日, 名古屋市.

⑥ M.Fujikura, S.Nagasawa, Y.Fukuzawa, Finite Element Analysis of Cutting Deformation of Stacked Polycarbonate Sheets Subjected to Two-Line Wedge Indentation, the 8th Korea-japan Plastics Processing Joint Seminar, 2010 年 8 月 27 日, Jeju (Korea).

⑦ 藤倉正俊, 祝田敦史, 永澤茂, 福澤康, 梶塚孝士, 段筋方向のくさび押し抜きとゴム押さえを受ける Corrugated board の変形挙動, 日本機械学会材料力学講演会, 2010 年 10 月 10 日, 長岡市.

⑧ 緒方 雄一, 福澤康, 永澤茂, 山下健, 猿渡 賢一, 段板紙の切断加工における帯状紙粉の発生挙動, 61 回塑性加工連合講演会, 2010 年 10 月 16 日, 米沢市.

⑨ 込山 祐樹, 永澤茂, 福澤康, ポリカーボネート板の押し抜き加工における切断特性に及ぼす超音波励起時間の影響, 精密工学会北陸信越支部学術講演会, 2010 年 11 月 6 日, 長岡市.

⑩ 佐藤 公紀, 永澤茂, 福澤康, ポリエチレンテレフタレート板の罫線曲げ加工特性, 精密工学会北陸信越支部学術講演会, 2010 年 11 月 6 日, 長岡市.

⑪ 正木裕也, 永澤茂, 福澤康, AC 材の切断時に発生する割れの特性の調査, 精密工学会北陸信越支部学術講演会, 2010 年 11 月 6 日, 長岡市.

⑫ Shigeru NAGASAWA, Effect of Blade Tip Height on Cutting Characteristics of Polycarbonate Sheet Subjected to Two Lines Wedge Indentation, 10th PIT-NUT Joint Symposium on Advanced Practical Engineering, 2010 年 12 月 3 日, Bangkok (Thailand).

⑬ Nopparat Lukkanasirikul, Shigeru

Nagasawa, Seksan Chaijit, FEM Analysis of Plunge Cutting Characteristics of Polycarbonate Sheet in Die Cutting Process, 10th PIT-NUT Joint Symposium on Advanced Practical Engineering, 2010 年 12 月 3 日, Bangkok (Thailand).

⑭ 永澤茂, 平盤機による打ち抜きを力学的に観る, CPJ ダイカッティングセミナー, 2011 年 2 月 7 日, 大宮市.

⑮ Mohd Nasruddin, 永澤茂, 福澤康, 板紙の罫線の繰り返し曲げにおける残留抵抗特性, 日本機械学会北陸信越支部第 40 回学生員卒業研究発表講演会, 2011 年 3 月 4 日, 上田市.

⑯ 佐藤 公紀, 永澤茂, 福澤康, 村山 光博, ポリエチレンテレフタレート板の罫線曲げ特性に及ぼす工具条件の影響, 日本機械学会北陸信越支部第 40 回学生員卒業研究発表講演会, 2011 年 3 月 4 日, 上田市.

⑰ 込山祐樹, 永澤茂, 尾澤慎也, 福澤康, ポリカーボネート板の押し抜き加工における切断特性に及ぼす超音波励起時間の影響, 日本機械学会北陸信越支部 48 期総会講演会, 2011 年 3 月 5 日, 上田市.

⑱ 藤倉正俊, 永澤茂, 福澤康, 重ね合わせた樹脂材の押し抜き切断の数値解析, 日本機械学会北陸信越支部 48 期総会講演会, 2011 年 3 月 5 日, 上田市.

⑲ 円谷公一, 永澤茂, 福澤康, 片刃を用いた板紙の切断特性, 日本機械学会北陸信越支部 48 期総会講演会, 2011 年 3 月 5 日, 上田市.

⑳ 正木裕也, 永澤茂, 福澤康, 溝付き面版を用いた樹脂材の突切加工における曲げ効果が切断抵抗へ及ぼす影響, 日本機械学会北陸信越支部 48 期総会講演会, 2011 年 3 月 5 日, 上田市.

㉑ 緒方雄一, 福澤康, 永澤茂, 山下健, 猿渡賢一, 段板紙の切断加工工程における帯状紙粉の発生メカニズム, 日本機械学会北陸信越支部 48 期総会講演会, 2011 年 3 月 5 日, 上田市.

㉒ Yuki KOMIYAMA, Shigeru NAGASAWA, Effect of Scoring Condition on Creasing Characteristics of Double-wall Corrugated Board, 6th Int. Conf. on Leading Edge Manufacturing in 21st Century, 2011, Nov. 10, Oomiya, Saitama.

㉓ Shigeru Nagasawa, Effect of Tool Condition on Bending Characteristics of Polyethylene Terephthalate Board Subjected to Iwo-Line Wedge Indentation, 10th International Conference on Technology of Plasticity (ICTP 2011), 2011, Sep. 27, Aachen, Germany.

㉔ Shigeru Nagasawa, Residual Characteristic of Bending Moment on Repeated Folding Motion of Coated Paperboard Created by Round-Edge Knife, 18th Int. Conf. on Composite Materials, 2011, Aug. 24, Jeju, Korea.

- ②⑤ Shigeru Nagasawa, BENDING EFFECT ON CUTTING CHARACTERISTICS OF POLYCARBONATE THICK SHEET SUBJECTED TO INDENTATION OF HEIGHTWISE-ASYMMETRIC WEDGE BLADES, 14th International Conference in Advanced Materials and Processing Technologies (AMPT2011), 2011, July 15, Istanbul, Turkey.
- ②⑥ Shigeru Nagasawa, Finite Element Analysis of Cutting Deformation of Stacked Polycarbonate Sheets Subjected to Two-Line Wedge Indentation, JSME/ASME 2011 International Conference on Materials and Processing, 2011, June 15, Corvallis, Oregon, USA.
- ②⑦ 志賀 好晃, 永澤 茂, 板紙罫線加工に関する最近の基礎研究, 第 1 回複合材型加工研究会セミナー, 2011, Oct. 5, 東京都 秋葉原.
- ②⑧ 永澤 茂, 平盤拔型刃の耐久性と板紙の加工特性に関する研究展望, 第 1 回複合材型加工研究会セミナー, 2011, Oct. 5, 東京都 秋葉原.
- ②⑨ JINA Weerayut, NAGASAWA Shigeru, FUKUZAWA Yasushi, CHAIJIT Seksan, Effect of feed velocity and clearance on two dimensional shearing deformation of resin sheet, 日本機械学会 2011 年度年次大会, 2011, Sep. 12, 東京都 大岡山.
- ③⑩ 久米主真, 永澤 茂, 福澤 康, 葉書の重合切断における速度効果と紙粉発生挙動, 日本機械学会 2011 年度年次大会, 2011, Sep. 12, 東京都 大岡山.
- ③⑪ 今 渡, 志賀好晃, 永澤 茂, 福澤 康, 梶塚孝士, A-flute の段筋方向押抜きにおける中芯変形挙動の解析, 日本包装学会第 20 回年次大会, 2011, July 7, 京都市.
- ③⑫ 永澤 茂, Effect of Underlay Rigidity on Breaking Behavior of Aluminum Sheet during Wedge Shearing Process, 塑性加工春季講演会, 2011, May 29, 東京都.
- ③⑬ 込山祐樹, 永澤 茂, 福澤 康, 二段板紙の罫線特性に及ぼす筋付け条件の影響, 塑性加工春季講演会, 2011, May 29, 東京都.
- ③⑭ Shigeru Nagasawa, Yuki Komiyama, Kon Wataru, Effect of Structural Shape of Corrugated Medium on Flat-crush, 2012 International Conference on Advanced Manufacturing, 2012, March 5, Jiaoxi, Yilan, Taiwan.
- ③⑮ 込山 祐樹, 永澤 茂, 福澤 康, 段板紙における回転式筋付加工の数値解析, 日本機械学会 [No.0127-1] 北陸信越支部 第 49 期総会・講演会, 2012, March 10, 石川県野々市市.
- ③⑯ 志賀 好晃, 永澤 茂, 福澤 康, 白板紙の罫線加工における折曲げ応力緩和特性, 日本機械学会 [No.0127-1] 北陸信越支部 第 49 期総会・講演会, 2012, March 10, 石川県野々市市.
- ③⑰ 福澤 康, 永澤 茂, 平盤機における抜型の音響診断技術に関する研究展望, 第 2 回複合材型加工研究会セミナー, 2012, March 12, 新潟県 長岡市.
- ③⑱ Mitsomwang Pusit, 永澤 茂, 武藤 睦治, ポリカーボネート板のくさび切断特性に及ぼす下敷剛性の影響, 日本機械学会 [No.0127-1] 北陸信越支部 第 49 期総会・講演会, 2012, March 10,

石川県野々市市.

- ③⑲ Mitsomwang Pusit, Nagasawa Shigeru, Mutoh Yoshiharu, An experimental behavior of acrylic worksheet subjected to squared punch shearing, 24 年度塑性加工春季講演会, 2012/6/9, 小松市.
- ④⑩ Mitsomwang Pusit, Nagasawa Shigeru, Feasibility Study of Crack Propagation in Acrylic Sheet Subjected to Shear Cutting. 9th meeting, the Japan-Korea Plastics Processing Joint Seminar, 2012/8/24, 札幌市.
- ④⑪ Pusit Mitsomwang, Shigeru Nagasawa, Yoshiharu Mutoh and Yasushi Fukuzawa, Cutting Behavior of Acrylic Thick Sheet Subjected to Squared Punch Shearing, Int. Conference on Advances in Materials and Processing Technologies, 2012/9/24, Wollongong, Australia.
- ④⑫ 尾澤 慎也, 永澤 茂, 福澤 康, 板紙の曲げ速度依存性と逆罫線返し曲げ特性, 日本機械学会 第 9 回生産加工・工作機械部門講演会, 2012/10/27, 由利本荘市.
- ④⑬ 田巻 雄亮, 永澤 茂, 福澤 康, ポリカーボネート板の押抜切断特性に及ぼす励振条件の影響, 第 20 回機械材料・材料加工技術講演会, 2012/12/1, 大阪市.
- ④⑭ 渡邊 馨, 永澤 茂, 日根 哲, 小川輝夫, 波状くさび刃による薄板樹脂材の押し抜き特性, 日本機械学会北陸信越支部第 50 期総会・講演会, 2013/3/9, 福井市.
- ④⑮ 尾澤 慎也, 永澤 茂, 福澤 康, 板紙の線り返し曲げ特性に及ぼす曲げ速度の影響, 日本機械学会北陸信越支部第 50 期総会・講演会, 2013/3/9, 福井市.

〔図書〕 (計 1 件)

- (1) Yasushi Fukuzawa, Shigeru Nagasawa, Acoustic Emission, InTech (2012), pp.251-266. DOI: 10.5772/33432

〔その他〕

ホームページ等

<http://bean.nagaokaut.ac.jp/~snaga/public/review-diecut.html>

<http://bean.nagaokaut.ac.jp/~dtpc/index.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

永澤 茂 (NAGASAWA SHIGERU)

長岡技術科学大学・工学部・准教授

研究者番号：40198312

### (2) 研究分担者

福澤 康 (FUKUZAWA YASUSHI)

長岡技術科学大学・工学部・教授

研究者番号：10126477