

SH-SAW センサ応答を用いた逆問題解析による液体の物性値推定

Estimation of liquid properties by inverse problem analysis based on SH-SAW sensor responses

静岡大院総合科学研究科¹, 静岡大創造院², 植田 健斗¹, °近藤 淳^{1,2}Shizuoka Univ.¹, Kento Ueda¹, °Jun Kondoh¹

E-mail: kondoh.jun@shizuoka.ac.jp

液体の密度と粘度の同時決定は、化学、石油、および製薬産業における技術プロセス、ならびに地球環境のモニタリング等において重要である。例えば産業用処理液の力学的パラメータのリアルタイム検出は、品質管理と生産性を向上させる。しかし、従来の密度と粘度の特性評価のための手法は、面倒で時間がかかり、システム化することが困難であった。

横波型弾性表面波(SH-SAW)センサは、センサ上に負荷した液体に起因する振幅変化や位相変化を測定することにより、液体の物性値を検出することができる。小型で高感度であり、ワイヤレス測定が可能なことから、様々な分野でリアルタイム検出への応用が期待されている。我々はこれまで SH-SAW センサの感度シミュレーションや測定結果の妥当性を検証するため、Campbell と Jones の手法¹⁾に基づく数値解析法を利用してきた。この解析では、液体の物性値を入力し、振幅変化や位相変化の計算値を出力した。いわゆる”順問題を解く”ことを行った。これとは逆に、測定されたデータを入力し、液体の物性値を推定する(いわゆる”逆問題を解く”)ことが可能となれば、未知液体の物性値推定や識別等の用途に応用することができる。しかし、センサ応答を用いて液体の密度や粘度の物性値を正確に導出する方法はまだ確立されていない。そこで、本研究では液体の密度と粘度を同時推定するため、SH-SAW センサ応答を用いた逆問題解析法を構築した。グリセリン水溶液およびエタノール水溶液を試料とした測定を行い、測定データをもとに逆問題解析を行った。そして、導出した密度、粘度の推定値と文献値を比較した。

我々が考案した逆問題解析法は、順問題解析における計算結果を利用している。この解析の詳細については当日発表する。表 1, 2 は各水溶液に対する逆問題解析によって得られた推定値と文献値の比較結果である。グリセリン水溶液は粘弾性の影響によって特に高濃度において値が一致しなかった。一方、エタノール水溶液は値がほぼ一致し、物性値推定ができたといえる。

謝辞：本研究の一部は公益財団法人フジクラ財団の助成を受けた。

1) J. J. Campbell and W. R. Jones, IEEE Trans. Sonics Ultrason. 15 [4], 209 (1968).

表 1 グリセリン水溶液の比較結果
Density [kg/m³]

	5wt%	10wt%	30wt%	50wt%
Literature	1.009E+03	1.021E+03	1.071E+03	1.124E+03
Estimated	9.985E+02	1.204E+03	1.603E+03	2.081E+03
Difference	-1.04%	+18.00%	+49.72%	+85.17%

表 2 エタノール水溶液の比較結果
Density [kg/m³]

	5wt%	10wt%	30wt%	50wt%
Literature	9.893E+02	9.819E+02	9.539E+02	9.139E+02
Estimated	9.986E+02	9.687E+02	9.740E+02	9.599E+02
Difference	+0.94%	-1.34%	+2.11%	+5.03%

Viscosity [Pa s]

	5wt%	10wt%	30wt%	50wt%
Literature	1.036E-03	1.170E-03	2.185E-03	5.105E-03
Estimated	1.090E-03	9.237E-04	1.304E-03	2.706E-03
Difference	+5.21%	-21.50%	-40.34%	-47.00%

Viscosity [Pa s]

	5wt%	10wt%	30wt%	50wt%
Literature	1.228E-03	1.442E-03	2.667E-03	2.813E-03
Estimated	1.018E-03	1.419E-03	3.035E-03	3.154E-03
Difference	-17.14%	-1.58%	+13.79%	+12.11%