

使用指南

PlasmAbel

等离子体光学辐射快速Abel变换软件

1.0

January 6, 2021

该软件服务于放电诊断实验和计算结果处理。由等离子体动力学重点实验室支持、国家自然科学基金青年基金（[面向煤油裂解的纳秒脉冲快速电离波调控机理建模与实验研究，51907204](#)）资助，由朱益飞课题组开展快速电离波光谱实验期间开发核心算法，由等离子体计算工坊发展完成界面开发。该软件以及该说明书中的图片版权均归属于等离子体动力学重点实验室与等离子体计算工坊。

欢迎发送宝贵意见至团队邮箱。

工坊团队
SIMWORKSHOP_PLASMA@163.com
2021年1月

Contents

1	简介	3
1.1	PlasmAbel是什么?	4
1.2	指南结构	4
2	使用方法	5
2.1	一维数据变换	6
2.2	二维数据变换	7
3	输入/输出格式要求与模板	8
3.1	一维数据格式	9
3.2	二维数据	9
4	算法验证	10

Chapter 1

简介

1.1 PLASMABEL是什么？

光谱诊断是等离子体实验的重要组成部分。发射光谱中包含着丰富的被测对象信息。光谱强度分布与等离子体内部温度、粒子浓度和成分等存在密切关系。但是通过各种手段获得的光谱强度多为沿光路的空间积分值，无法直接得到点位值，Abel逆变换是将积分值得到点位值的重要手段。

现有的Abel变换/逆变换方法多存在精度不高（见最后一章验证）和奇异点问题，计算繁杂重复。PlasmAbel是针对这一问题开发的快速Abel/逆Abel变换求解器。

PlasmAbel是基于Python开发的等离子体光学辐射实验/计算数据处理软件。软件能够针对一维/二维实验/计算数据开展Abel和逆Abel变换。

需要注意的是，发射光谱实验通常测量单位为a.u.，故PlasmAbel软件对数据绝对数值不敏感，在计算过程中会对计算结果进行归一化处理。

1.2 指南结构

该手册简要介绍PlasmAbel的操作方法。

第2章介绍该软件的基本操作步骤，读者将能快速掌握如何准备数据、输入数据、执行计算和导出数据。

第3章介绍该软件输入输出数据的格式前后处理细节建议。

第4章介绍软件验证。

Chapter 2

使用方法

PlasmAbel软件快速指南。

2.1 一维数据变换

软件载入后包含两个显示框，左侧的“载入 (Load data)”按钮和“关于 (About)”按钮，中间的“维度 (Dimension)”、“变换方向 (Direction)”和“变换方法 (Method)”选项框以及右侧的“运行 (Run)”，“输出 (Export)”和“退出 (Exit)”按钮，如图2.1所示。

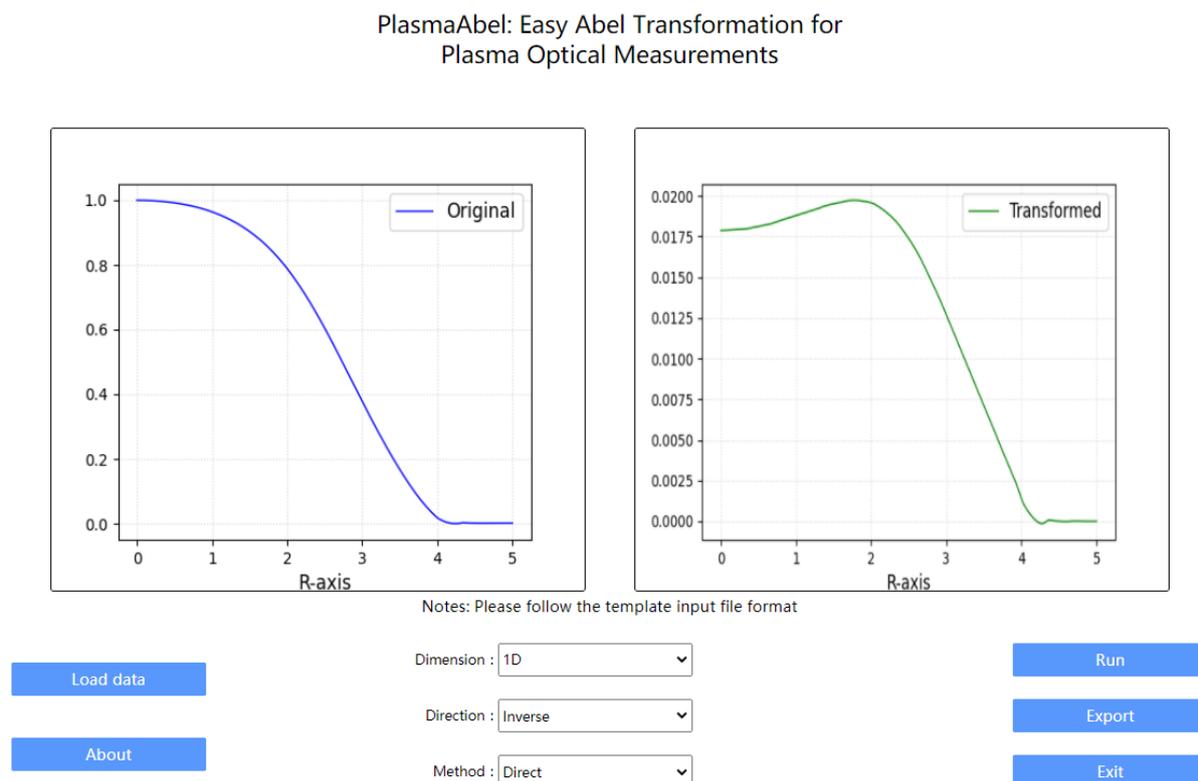


Figure 2.1: 一维Abel变换页面设置与变换结果（快速电离波光学辐射实验值与逆变换值）

如果要对一维数据开展Abel变换，按以下步骤操作：

- (1) 准备数据（将一维数据按两列存在一个dat文件中，不需要标题栏）；
 - (2) 点击“载入 (Load data)”按钮并选择数据文件；
 - (3) 在中间三列选项列表中设置维度 (1D)，选择好变换方向和变换方法后点击右侧的“运行 (Run)”按钮，显示框中会显示计算结果；
 - (4) 计算结果确认无误后可以点击“输出 (Export)”按钮输出显示栏中的数据。
- 二维数据变化需要注意的是：载入的数据会自动进行归一化处理。

2.2 二维数据变换

如果要对二维数据开展Abel变换，按以下步骤操作：

- (1) 准备数据（图片格式）；
- (2) 点击“载入（Load data）”按钮并选择图片；
- (3) 在中间三列选项列表中设置维度（2D），选择好变换方向和变换方法后点击右侧的“运行（Run）”按钮，显示框中会显示计算结果；
- (4) 计算结果确认无误后可以点击“输出（Export）”按钮输出显示栏中的数据（矩阵格式）。

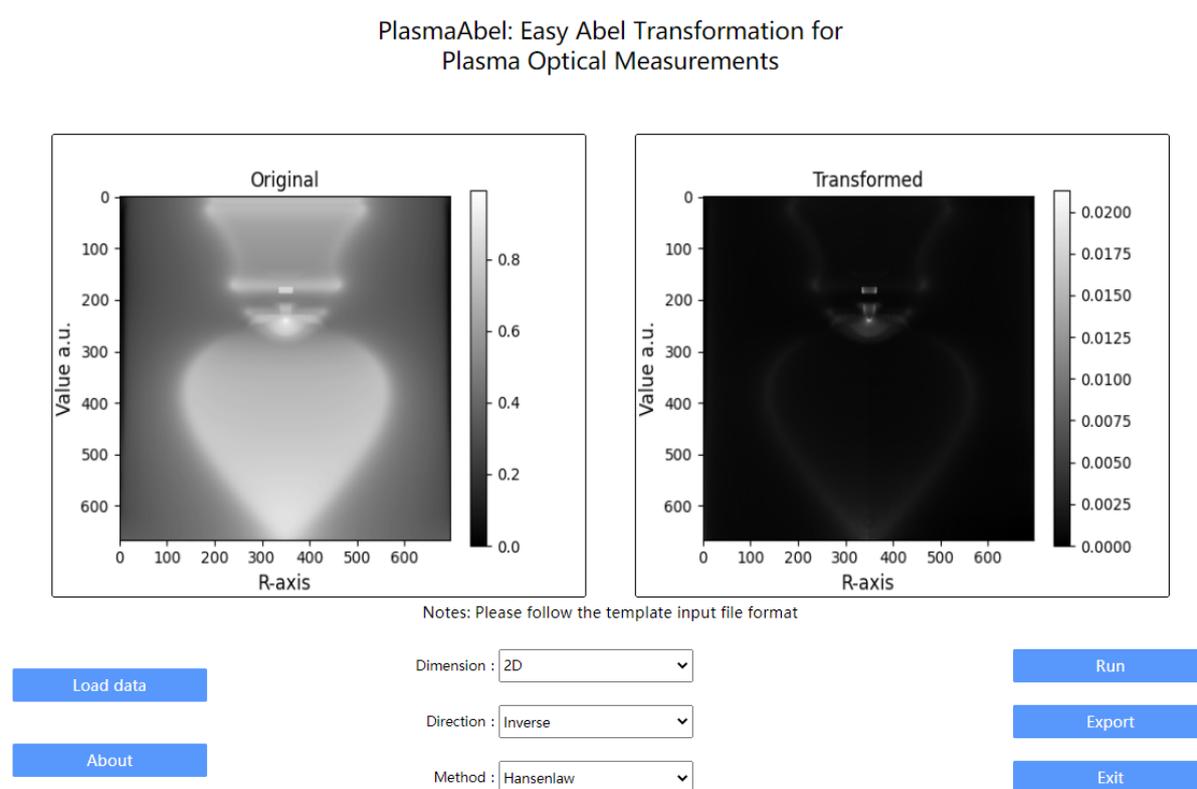


Figure 2.2: 二维Abel变换页面设置与计算结果.

二维数据变化需要注意的是：

- (1) 输入为图片格式；
- (2) 变换方法尽量选择第三种（Hansenlaw），第一种（Direct）方法涉及全局数值积分，计算较为耗时，计算精度相差不大；
- (3) 输出的格式为矩阵数据dat而不是图片，用户可以在Origin等软件中重新绘图查看。

Chapter 3

输入/输出格式要求与模板

本章记载软件输入格式文件要求/模板和输出文件格式。

3.1 一维数据格式

一维输入文件为两列数据，第一列为x轴坐标值，第二列为数据。数据载入后会自动进行归一化处理。请载入正数结果。

输入文件模板如下，注意：不要在第一行加入任何题头等信息！

```
0.00000 99.0009
0.03704 98.9970
0.07407 98.9851
0.11111 98.9643
0.14815 98.9346
0.18519 98.8960
0.22222 98.8485
```

输出文件的格式与输入类似，但是为三列数据，第一列依然为x轴坐标值，第二列为输入的数据，第三列为变换后的输出数据。包含题头。格式如下：

```

X original transformed
0.000000000000000000 0.9092704562150362 50.7402458709814
0.00740740740740740 0.9096197088317178 50.7462139634628
0.01481481481481481 0.9099689614483994 50.7468023973068
0.02222222222222222 0.9103182140650812 50.7412166350419
0.02962962962962963 0.9106674666817625 50.7300780708903
0.03703703703703704 0.9110240640389634 50.7137843646662
0.04444444444444444 0.9115153766232508 50.6926375076886
0.05185185185185186 0.9121639071486997 50.6667165844638
0.05925925925925926 0.9129383684628406 50.6359998322099
```

3.2 二维数据

二维输入的文件是图片格式，请尽量提高图片精度，并确保图片的轴对称性。

二维输出的数据是一个矩阵文件，该矩阵文件包含了绘图框右侧图像的绘图数据，用户可以直接使用Origin软件等进行后处理绘图。

Chapter 4

算法验证

本章展示使用PlasmAbel对解析函数进行变换/逆变换的计算结果，验证针对一维数据开展，一维变换和二维变换所采用的算法内核完全一样，故不再赘述。

针对单峰型函数进行验证：

$$y(x) = 1000(1 - x^2) \quad (4.1)$$

该函数相应的Abel逆变换精确解为：

$$Y(x) = \frac{2000}{\pi} \sqrt{1 - r^2} \quad (4.2)$$

将单峰型函数计算结果作为输入载入PlasmAbel，计算结果如下图所示：

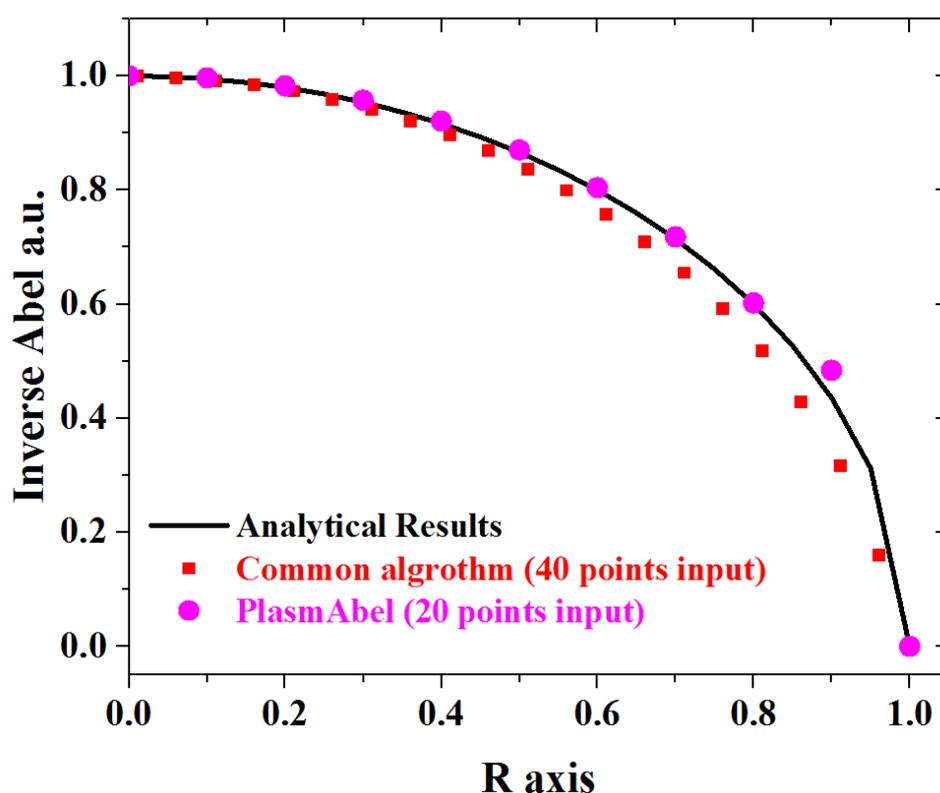


Figure 4.1: Abel拟变换结果验证：粉色点为PlasmAbel计算结果（输入了20个点），黑色实线为解析解，红色点为matlab采用（40个点）插值方法计算结果

由图可见，采用PlasmAbel计算获得的结果与解析解吻合良好，计算精度超过普通算法，并且不会出现0坐标位置的奇点问题。

需要注意的是，发射光谱实验通常测量单位为a.u.，故PlasmAbel软件对数据绝对数值不敏感，在计算过程中会对计算结果进行归一化处理。因此在进行比较验证的时候，用户也需要对解析解进行归一化处理进行比对。