

Bepalen van het plaatmidden met Astro Record

Marc de Lignie¹

1. Prins Hendrikplein 42, 2264 SN Leidschendam

English summary

For astrometric calculations one has to know the plate center. The plate center can be calculated from the observed angular distortions due to the stereographic projection of an ideal objective [1] or by calculating the equatorial coordinates of the physical center of the negative via linear interpolation with respect to the measured reference stars. The latter method is shown to result in smaller high order terms when using a third order polynomial fit for the astrometric calculations. Therefore, this method provides the best approximation of the plate center and is expected to yield the most reliable results. For the most common situation, when sufficient reference stars are available to surround the meteor, no differences in astrometric results were found, though.

Inleiding

Zij die wel eens een meteoornegatief hebben uitgemeten, zijn bekend met de procedure voor het bepalen van het plaatmidden. Drie referentiesternen worden uitgekozen die ongeveer een gelijkzijdige driehoek vormen rond het fysieke midden van het negatief. Met wat formulewerk kan hieruit het theoretische plaatmidden berekend worden [1]. Zonder de formules hier te herhalen, is wel voor te stellen dat de formules gebruik maken van het effect dat bij de afbeelding van de sterrenhemel op een plat vlak, het beeld verder wordt uitgerekt naarmate je dichter bij de rand van het negatief komt. Nabij het plaatmidden is het aantal afgebeelde graden per millimeter negatief lengte het geringst.

Astro Record ondersteunt de procedure voor het bepalen van het plaatmidden via het aanwijzen van drie plaatmiddensterren. Het genoemde formulewerk wordt door het TURNER programma verzorgd. De beschreven procedure wordt al meer dan 10 jaar binnen DMS gebruikt tot ieders tevredenheid. Toch zijn er wel enkele kanttekeningen te plaatsen. In de eerste plaats is het vervelend om de plaatmiddensterren te moeten aanwijzen. Zelfs als Astro Record je eraan heeft helpen herinneren

wil het daarna nog weleens misgaan. Voor de ingewijden: "SQRT of negatieve argument", ten teken dat de gekozen set van sterren niet voldoende houvast biedt voor het plaatmiddenalgoritme.

Een tweede kanttekening kwam van de kant van Casper ter Kuile die opmerkte dat hij het door TURNER berekende plaatmidden flink over het negatief kon laten wandelen door andere sets van referentiesternen te kiezen. Overigens zonder dat dit invloed had op de verdere astrometrische resultaten. Ook dit is een teken dat het plaatmiddenalgoritme gevoelig is voor de verschillen die nu eenmaal tussen theorie en praktijk optreden.

De echte aanleiding om de plaatmiddenprocedure ter discussie te stellen is de geplande nieuwe versie van Astro Record. Deze zal de uitmeters de gelegenheid bieden om al tijdens het meten een prognose van de astrometrische nauwkeurigheid te krijgen. Een optie daarbij wordt om een referentiester "onder voorbehoud" te verwijderen. En als dit geen verbetering geeft kun je hem weer in genade aannemen. Deze functionaliteit interfereert echter vervelend met de functionaliteit voor het aanwijzen van plaatmiddensterren. Als de uitmeter de plaatmiddensterren heeft aangewezen maar later één van deze sterren weer verwijdert, dan moet

hij eraan denken om weer een nieuwe plaatmiddenster aan te wijzen.

Ook deze laatste kanttekening is op zich geen ramp, maar toch net genoeg om bij de auteur een zekere drempel te overschrijden. Vandaar onderstaande vergelijking tussen de bestaande plaatmiddenprocedure en zijn mogelijke opvolger.

De vergelijking

De eerste plaatmiddenprocedure is boven beschreven. De alternatieve procedure zit al een jaar lang in de output files van Astro Record verstopt. Zoals bekend kan Astro Record bij een set van (X,Y) coördinaten geschatte equatoriale (steratlas) coördinaten bepalen, wanneer eenmaal drie referentiesternen zijn uitgemeten. Behalve voor het identificeren van sterren gebruikt Astro Record dit ook om geschatte equatoriale coördinaten van het fysieke midden van het negatief te berekenen. Het resultaat verschijnt als alternatief plaatmidden in de Astro Record output file. Het wordt echter niet door TURNER gebruikt tenzij in de file de twee regels voorafgaand aan het alternatieve plaatmidden worden verwijderd.

Om de twee procedures te kunnen vergelijken zijn voor drie negatieven de astrometrische berekeningen afzonder-

lijk voor beide plaatmiddens uitgevoerd. In tabel 1 is te zien hoe groot de verschillen zijn tussen het berekende plaatmidden en het "fysieke midden" van het negatief. Die verschillen blijken enige millimeters te bedragen.

De vraag is nu: wat moeten we eigenlijk vergelijken? Een eerste mogelijkheid is om te kijken naar de nauwkeurigheid van de astrometrische fits. In tabel 1 is deze nauwkeurigheid te vinden als de O-C waarde: de gemiddelde hoekafstand in boogseconden tussen de werkelijke positie van de ster (uit de steratlas) en de positie van de ster volgens de astrometrische fit. Het blijkt dat het voor de nauwkeurigheid van de fit niet uitmaakt welk plaatmidden wordt gebruikt. Ook in de berekende posities van de meteoren op deze drie negatieven zijn overigens geen verschillen te vinden.

We kunnen nu zeggen: "Mooi, het maakt niets uit dus we pakken gewoon de gemakkelijkste methode". Met dit soort snelle conclusies zijn ongetwijfeld al de nodige rampen gebeurd, dus wellicht loont het de moeite om nog wat dieper na te denken. Hiervoor is echter wel wat meer begrip nodig voor de astrometrische berekeningen.

Wat je bij astrometrie wilt is een formule vinden waarmee je gemeten (X,Y) coördinaten van de meteor kunt omrekenen in equatoriale coördinaten. Die formules moeten verder zo simpel mogelijk zijn, anders heb je erg veel referentiesternen nodig om de formules te kunnen vinden.

De meest aantrekkelijke formules zouden zijn:

Negative	Calculated plate center		Physical	
	xc (mm)	yc (mm)	O-C	O-C
95014.oos	19.488	12.408	13.19"	13.18"
95024.oos	16.536	14.402	15.05"	15.03"
95051.oos	18.054	15.694	22.84"	22.90"

Table A. Calculated plate centers of three negatives obtained with a 50 mm objective. The accuracies (Observed - Calculated star positions in arc seconds) of the third order astrometric fits by TURNER are given when using the calculated plate center and when using the physical center of the negative as plate center (at $x_c=18.432$ mm, $y_c=12.288$ mm).

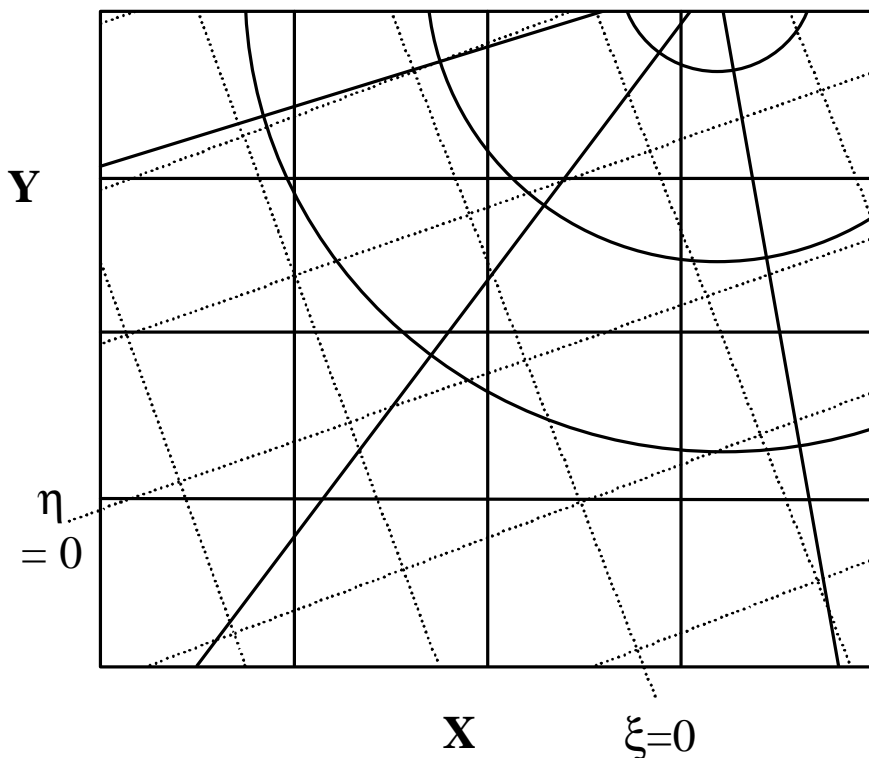


Figure A : The different coordinate systems: orthogonal X and Y along the edges of the negative, orthogonal x and h (dashed) which are zero at the plate center, and the equatorial coordinates from the star atlas.

$$RA = aX + bY + c$$

$$DE = dX + eY + f$$

met RA de rechte klimming en DE de declinatie uit de steratlas. Met deze formules kun je echter alleen het ene rechthoekige op het andere rechthoekige coördinatenstelsel afbeelden. Het equatoriale coördinatenstelsel is echter niet rechthoekig (zie figuur 1). Voor astrometrie rekenen we daarom eerst het steratlas coördinatenstelsel om in een rechthoekig coördinatenstelsel rond het plaatmidden. De nieuwe "steratlas" coördinaten heten ξ en η (zie figuur 1). De astrometrische formules worden nu:

$$\xi = aX + bY + c$$

$$\eta = dX + eY + f.$$

Door voor een aantal referentiesternen het verband tussen ξ , X en Y te bekijken kunnen de waarden voor a , b en c worden gevonden; evenzo voor η . Deze formules blijken heel aardig te werken, vooral lokaal op een klein stukje

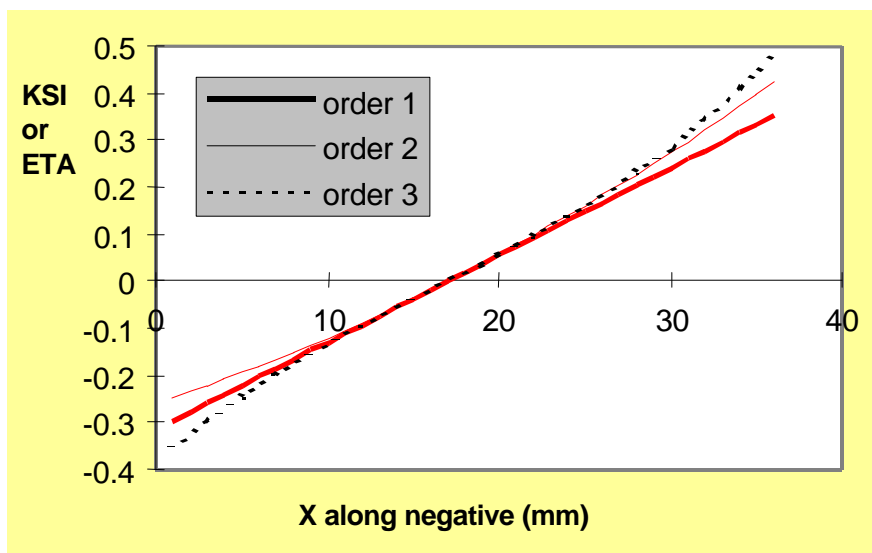


Figure B. First, second and third order calculations of \mathbf{x} and \mathbf{h} (exaggerated).

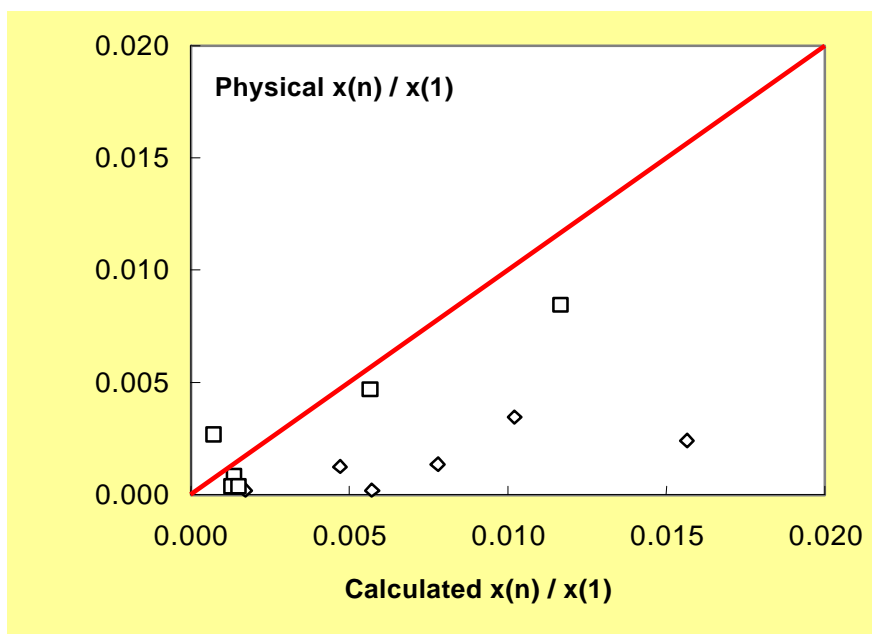


Figure C. Normalized second order ($\hat{\mathbf{a}}$) and third order ($\hat{\mathbf{f}}$) contributions to \mathbf{x} and \mathbf{h} for three reference stars when using the calculated plate center (x axis) and the physical plate center (y axis).

van het negatief. De nijvere DMS fotografen weten echter ook nog wel eens meteoren te verschalken die zo'n beetje diagonaal het negatief over vliegen. Voor dit soort meteoren zijn bovenstaande formules niet goed genoeg en zijn er kleine uitbreidingen nodig:

$$\xi = \xi(1) + \xi(2) + \xi(3)$$

$$\eta = \eta(1) + \eta(2) + \eta(3)$$

$\xi(1)$ en $\eta(1)$ zijn gelijk aan de eerdere formules voor ξ en η . In $\xi(2)$ en $\eta(2)$ komen termen voor die evenredig zijn aan X^2 , Y^2 en XY ; in $\xi(3)$ en $\eta(3)$ komen termen voor die evenredig zijn aan X^3 , Y^3 en XY^2 en X^2Y . De invloed van de tweede en derde orde termen op het verband tussen bijvoorbeeld ξ en X is te zien in figuur 2. Voor een 1^e orde berekening is het verband tussen ξ en X een rechte lijn, voor een 2^e orde be-

rekening een parabool, en voor een 3^e orde berekening een S-curve.

Nu kunnen we weer terug naar de vergelijking. Eerder vonden we geen verschil tussen het gebruik van het berekende plaatmidden en van het fysieke midden van het negatief. Figuur 2 laat zien dat we wel verschil mogen verwachten als voor de beide methodes de relatieve bijdrage van de 2^e en 3^e orde termen anders is. Dit verschil zou optreden als de meteor aan de rand van het negatief verschijnt en als er niet voldoende referentiesternen zijn om de meteor met referentiesternen te omringen. De astrometrische fit optimaliseert dan de 2^e en 3^e orde termen voor de X en Y waarden van de referentiesternen, maar voor (X,Y) waarden die groter of kleiner zijn dan die van de referentiesternen kan de fit flink fout zitten. Dit gegeven levert ons een vergelijkingscriterium tussen de twee plaatmiddenmethodes:

Het plaatmidden dat resulteert in de kleinste 2^e en 3^e orde termen voor de astrometrische fit, is het beste plaatmidden.

Het resultaat is te zien in de wat ingewikkelde figuur 3. Hierin zijn per negatief, voor de referentiester die het verst van het plaatmidden aflight, de 2^e en 3^e orde termen voor beide plaatmiddenmethodes terug te vinden. Projecteren op de x -as levert de 2^e (ruitjes) of 3^e orde (vierkantjes) term op bij gebruik van het berekende plaatmidden; projecteren op de y -as de 2^e of 3^e orde term bij gebruik van het fysieke midden van het negatief. Als beide methodes identiek zouden zijn, hadden de punten gelijkelijk rond de vet getrokken lijn verdeeld moeten liggen. Dit is echter niet het geval! Vooral de 2^e orde termen zijn bij gebruik van het fysieke midden veel kleiner. Voor de 3^e orde termen is het verschil minder opvallend. Omdat de 2^e orde termen een asymmetrische bijdrage aan ξ en η leveren (aan de ene kant van het negatief iets erbij, aan de andere kant iets eraf) zijn de 2^e orde termen vooral van belang voor het compenseren van een verkeerd berekend plaatmidden. De 3^e

orde termen daarentegen compenseren vooral het feit dat voor moderne objectieven de stereografische projectie van de ideale lens niet helemaal opgaat (hier gaan de omrekenformules van RA,DE naar ξ,η vanuit). De camera-fabrikanten noemen dit overigens vertekeningenvrij.

De conclusie uit figuur 3 is dus dat het je beter het fysieke midden van het negatief als plaatmidden kunt gebruiken, dan het plaatmidden berekend door TURNER.

Conclusies

Voor de astrometrische berekeningen in het TURNER programma is een plaatmidden nodig. Het blijkt dat het fysieke midden van het negatief een beter plaatmidden is dan het plaatmidden berekend door TURNER zelf. Het verschil is echter marginaal en doet er alleen toe als de meteor niet netjes door referentiesternen wordt omringd.

Voorlopig gaan we gewoon door met de oude plaatmiddenmethode. Wanneer TURNER problemen heeft om het plaatmidden te vinden, of als er niet voldoende referentiesternen rond de meteor zijn, is het echter aan te bevelen om het door Astro Record berekende fysieke plaatmidden te gebruiken.

Een volgende Astro Record versie zal de oude methode met het aanwijzen van drie plaatmiddensterren niet langer ondersteunen.

Referenties :

- [1] J. Tadeusz, Het centrum van een plaat, *Radiant 5* (1983) 22-24.
-